



TUGAS AKHIR(RC-141501)

MORFOLOGI GARIS PANTAI KAWASAN WISATA PRIGI, TRENGGALEK

PUTIT TRI BUNAI
NRP 31 12 100 060

Dosen Pembimbing
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.
Cahaya Buana, ST.,MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT (RC-141501)

MORPHOLOGY OF COASTLINE ON PRIGI BEACH, TRENGGALEK

PUTIT TRI BUNAI
NRP 31 12 100 060

Supervisor
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.
Cahaya Buana, ST.,MT.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Civil Engineering and Planning Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

MORFOLOGI GARIS PANTAI KAWASAN WISATA PRIGI, TRENGGALEK

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

PUTIT TRI BUNAI

Nrp. 3112 100 060

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

2. Cahya Buana, ST., MT.



**SURABAYA
JULI, 2016**

MORFOLOGI GARIS PANTAI KAWASAN WISATA PRIGI, TRENGGALEK

Nama Mahasiswa : Putit Tri Bunai
NRP : 3112100060
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.
Cahaya Buana, ST., MT.

Abstrak

Kawasan wisata Prigi adalah salah satu pantai yang terletak di wilayah Kabupaten Trenggalek . Pantainya memanjang kurang lebih 2 km, berpasir putih, dan memiliki ombak yang tenang. Lokasi kawasan wisata Prigi di tepi Samudera Indonesia yang berupa teluk Prigi memungkinkan kawasan wisata ini mengalami perubahan garis pantai akibat pengaruh angin/gelombang, arus, pasang surut dan bathimetri. Oleh sebab itu, maka diperlukan analisa morfologi untuk mengetahui ada tidaknya perubahan garis pantai dan alternatif penyelesaian bila terjadi perubahan garis pantai.

Dalam analisa morfologi Kawasan wisata Prigi, hal utama yang perlu diperhatikan adalah tersedianya data-data primer dan sekunder lokasi tinjauan. Data-data sekunder tersebut antara lain: data angin dan data hidro-oceanografi. Kemudian data tersebut dianalisis untuk mendapatkan gelombang dan perubahan garis pantai yang akan terjadi. Dalam analisa morfologi ini digunakan metode analitik dengan periode antara tahun 2010-2014. Analisa morfologi yang dilakukan menggunakan program bantu CEDAS (Coastal Engineering Design & Analysis System) Versi 4.0.

Berdasarkan hasil analisa tugas akhir ini didapatkan bahwa ujung pantai sebelah barat dan ujung pantai sebelah timur cenderung mengalami kemunduran. Sedangkan pantai bagian tengah cenderung mengalami sedimentasi. Alternatif penyelesaian yang digunakan untuk mengatasi masalah

kemunduran pada ujung pantai adalah sand nourishment dengan jumlah pasir sebesar 25.000 m³/tahun.

Kata kunci : Pantai Prigi; Morfologi Garis Pantai; Sand Nourishment.

MORPHOLOGY OF COASTLINE ON PRIGI BEACH, TRENGGALEK

Name : Putit Tri Bunai
NRP : 3112100060
Department : Civil Engineering
Supervisor : Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.
Cahya Buana, ST., MT.

Abstract

Prigi Beach is one of the beaches located in Trenggalek. Prigi beach extended approximately 2 kilometers, white sand and has calm waves. The location of Prigi Beach on the edge of the Indonesian ocean being a Prigi bay allows the tourist areas are changing coastline due to effects of wind/waves, currents, tides and bathymetry. Therefore, it is necessary morphological analysis to determine whether there is a change of coastline and an alternative solution in case of changing coastline

In morphology analysis of Prigi Beach, the main thing to note is the availability of primary and secondary data on the location of reviews. Secondary data include: wind data and hidro-oceanography data. Then the data were analyzed to obtain the wave plan and coastline changes that will occur. In this morphology analysis is used an analytical method with periode range on the year 2010 – 2014. Morphological analyzes were performed using CEDAS (Coastal Engineering Design & Analysis System) Version 4.0 software.

Based on the analysis of this final project in getting that end of the beach to the west and east end of the beach is erosion. While the central part of the beach tend to sedimentation. Alternatif solution is used to result the problem of erosion at the end of the beach is sand nourishment with sand supply amount of 25.000 m³/year.

Keywords: Prigi Beach; Morphology of Coastline; Sand Nourishment.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Morfologi Garis Pantai Kawasan Wisata Prigi, Trenggalek”** pada waktu yang tepat. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi 10 Nopember.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan, dukungan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT,. Atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Ayah dan Ibu, yang senantiasa tidak henti-hentinya memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak Cahya Buana, ST, MT. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Kedua kakak laki – laki , Gatot Yudistiro dan Ketut Dwi Harjuno, yang telah membantu selama proses pengerjaan tugas akhir dan memberikan support.
6. Febri Atris Felanda, yang telah membantu selama proses pengerjaan tugas akhir dan memberikan support.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak dapat saya sebutkan satu – persatu, karena telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.

8. Seluruh jajaran staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil ITS yang senantiasa memberikan pelayanan yang terbaik bagi kami para mahasiswa
9. Umi, Ega, Atik, Bernard, Alfia, Penta yang telah membantu selama proses pengerjaan tugas akhir dan memberikan support.
10. Teman – teman S 55 Teknik Sipil ITS 2012, terima kasih atas support yang telah diberikan.
11. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar di masa yang akan datang menjadi lebih baik.

Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak. Dan penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini.

Surabaya, 18 Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Abstrak.....	iii
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Angin	5
2.3 Mekanika Pergerakan Gelombang.....	9
2.3.1. Analisis Gelombang	9
2.3.1.1. Teori Gelombang Amplitudo Kecil.....	9
2.3.1.2. Fetch.....	11
2.3.1.3. Gelombang Representatif	12
2.3.1.4. Peramalan Gelombang di Laut Dalam	13
2.3.1.5. Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang	16
2.3.1.6. Interval Keyakinan	18
2.3.2. Transformasi Gelombang	19
2.3.2.1. Difraksi Gelombang	20
2.3.2.2. Refraksi	21
2.3.2.3. Pendangkalan Gelombang	23
2.3.2.4. Refleksi Gelombang	24
2.3.2.5. Gelombang Pecah.....	25

2.4 Pasang Surut	27
2.5 Arus	30
2.6 Angkutan Sedimen	32
2.6.1 Angkutan Sedimen menuju- meninggalkan Pantai	32
2.6.2 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai	35
2.6.3 Permodelan Garis Pantai dengan <i>One Line</i> <i>Model</i>	37
2.7 Perubahan Garis Pantai	38
2.8 Bangunan Pengaman Pantai	42
2.8.1 Pemecah Gelombang Sisi Tegak	43
2.8.2 Pemecah Gelombang Sisi Miring	44
2.8.3 Pemecah Gelombang Tipe Campuran	44
2.8.4 Jetty	45
2.8.5 Revetment	45
2.8.6 Dinding Pantai	46
2.8.7 Offshore Breakwater	46
2.8.8 Groin	47
2.8.9 Sand Nourishment	49

BAB III METODOLOGI 51

3.1 Studi Pustaka	51
3.2 Tinjauan Lapangan	51
3.3 Pengumpulan Data Sekunder	51
3.4 Analisis Data	52
3.4.1. Analisis Gelombang	52
3.4.2. Analisis Pasang Surut	52
3.4.3. Analisis Bathimetri/Topografi	52
3.4.4. Analisis Sedimen	52
3.4.5. Analisis Morfologi	52
3.5 Penentuan Tipe Bangunan Pantai	53
3.6 Tipe Bangunan Pantai	53
3.7 Hasil	53
3.8 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir	55

BAB IV PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA	57
4.1 Umum	57
4.2 Data Bathimetri	57
4.3 Data Pasang Surut.....	59
4.4 Data Angin.....	61
4.5 Analisis Gelombang	63
4.5.1 Panjang Fetch (Lintasan Angin).....	63
4.5.2 Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2010-2014	67
4.5.3 Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang	70
4.5.4 Gelombang Pecah.....	74
4.5.5 Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Frekuensi Kejadian AnginPantai Prigi Trenggalek	75
4.6 Analisis Sedimen Transport Sepanjang Pantai	77
4.7 Analisis Morfologi Pantai.....	78
 BAB V PEMILIHAN JENIS BANGUNAN	
PENGAMAN PANTAI	91
5.1 Umum	91
5.2 Pemilihan Jenis Bangunan Pengaman Pantai	92
5.2.1 Groin.....	92
5.2.1.1 Dimensi Groin.....	92
5.2.2 Sand Nourishment.....	96
5.3 Alternatif Terpilih Bangunan Pantai.....	98
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	99
 Daftar Pustaka.....	101
 Lampiran.....	103

Biodata Penulis	129
------------------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi dan Dangkal	11
Tabel 2.2	Persamaan untuk Peramalan Tinggi Gelombang dengan Menggunakan Metode SMB	14
Tabel 2.3	Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar	18
Tabel 2.4	Batas Interval Keyakinan.....	19
Tabel 2.5	Koefisien Refleksi.....	25
Tabel 2.6	Nilai A	42
Tabel 4.1	Konstanta Harmonik pengamatan pasut	60
Tabel 4.2	Parameter Fluktuasi Pasut Perairan Pantai Prigi...	61
Tabel 4.3	Frekuensi Kejadian Angin di Pantai Prigi 2010-2014 dalam persen	62
Tabel 4.4	Perhitungan Panjang Fetch Efektif	66
Tabel 4.5	Perhitungan Panjang Fetch Efektif Arah yang tidak Berpengaruh Langsung	67
Tabel 4.6	Perhitungan Tinggi Gelombang Per Bulan berdasarkan Metode SMB	68
Tabel 4.7	Tinggi gelombang maksimum pertahun	70
Tabel 4.8	Tinggi gelombang maksimum per tahun yang sudah diurutkan.....	71
Tabel 4.9	Perhitungan periode ulang (Metode FT-1)	71
Tabel 4.10	Gelombang dengan periode ulang tertentu (Metode FT-1).....	72
Tabel 4.11	Perhitungan periode ulang (Metode Weibull).....	73
Tabel 4.12	Gelombang dengan periode ulang tertentu (Metode Weibull).....	73
Tabel 4.13	Frekuensi Kejadian Gelombang di Pantai Prigi 2010-2014 dalam persen.....	76
Tabel 4.14	Perubahan Garis Pantai Per Tahun dalam 5 Tahun	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Pantai Prigi Trenggalek	1
Gambar 1.2	Lokasi Studi.....	2
Gambar 2.1	Distribusi Vertikal Kecepatan Angin.....	6
Gambar 2.2	Koefisien Koreksi Terhadap Perbedaan Temperatur (RT).....	8
Gambar 2.3	Koefisien Koreksi Terhadap Pencatatan Kecepatan di Darat	9
Gambar 2.4	Sketsa Definisi Gelombang	10
Gambar 2.5	Contoh Penggambaran Fetch.....	12
Gambar 2.6	Nomogram Peramalan Gelombang.....	15
Gambar 2.7	Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar	21
Gambar 2.8	Konvergensi dan Divergensi Energi Gelombang.....	22
Gambar 2.9	Difraksi	23
Gambar 2.10	Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan	24
Gambar 2.11	Profil Muka Air di Depan Bangunan Vertikal....	25
Gambar 2.12	Grafik Penentuan Gelombang Pecah	27
Gambar 2.13	Grafik Penentuan Gelombang Pecah	27
Gambar 2.14	Arus Dekat Pantai.....	31
Gambar 2.15	Transpor Sedimen Rerata pada Aliran Osilasi....	35
Gambar 2.16	Transpor Sedimen Sepanjang Pantai	36
Gambar 2.17	Perubahan Garis Pantai.....	39
Gambar 2.18	Skema Tipe Bangunan Pantai	43
Gambar 2.19	Pemecah Gelombang	44
Gambar 2.20	Groin Permeabel dari Kayu	48
Gambar 2.21	Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global	49
Gambar 3.1	Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir	54
Gambar 3.2	Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir	56
Gambar 4.1	Peta Topografi dan Batimetri.....	58
Gambar 4.2	Peta Bathimetri	59

Gambar 4.3	Grafik pasut Perairan Pantai Prigi	60
Gambar 4.4	<i>Windrose</i> Kejadian Angin di Pantai Prigi, Trenggalek 2010-2014.....	62
Gambar 4.5	Fetch efektif arah Timur.....	63
Gambar 4.6	Fetch efektif arah Tenggara.....	64
Gambar 4.7	Fetch efektif arah Selatan	64
Gambar 4.8	Grafik Tinggi Gelombang dengan Periode Ulang Tertentu (Metode Fisher Tippet type 1)...	72
Gambar 4.9	Grafik Tinggi Gelombang dengan Periode Ulang Tertentu (Metode Weibull)	74
Gambar 4.10	<i>Wave Rose</i> Frekuensi Tinggi Gelombang di Pantai Prigi tahun 2010-2014	76
Gambar 4.11	Kondisi Eksisting Pantai.....	78
Gambar 4.12	Grafik Kondisi Awal Pantai	79
Gambar 4.13	Grafik Perubahan Garis Pantai April 2010.....	79
Gambar 4.14	Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2010	80
Gambar 4.15	Grafik Perubahan Garis Pantai April 2011	80
Gambar 4.16	Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2011	81
Gambar 4.17	Grafik Perubahan Garis Pantai April 2012.....	81
Gambar 4.18	Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2012	82
Gambar 4.19	Grafik Perubahan Garis Pantai April 2013.....	82
Gambar 4.20	Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2013	83
Gambar 4.21	Grafik Perubahan Garis Pantai April 2014.....	83
Gambar 4.22	Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2014	84
Gambar 4.23	Grafik Kondisi Awal dengan Titik Tinjau.....	85
Gambar 4.24	Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2010	85
Gambar 4.25	Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2011	86
Gambar 4.26	Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2012	86
Gambar 4.27	Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2013	87
Gambar 4.28	Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2014.....	87
Gambar 4.29	Perubahan garis pantai 5 tahun ke depan tanpa ada bangunan pelindung pantai	89
Gambar 4.30	Grafik Perubahan Garis Pantai	89
Gambar 5.1.	Perubahan Garis Pantai akibat Pemasangan Groin Panjang 79 m, jarak antar Groin 79 m	94

Gambar 5.2.	Perubahan Garis Pantai akibat Pemasangan Groin Panjang 57 m, jarak antar Groin 57 m.....	95
Gambar 5.3.	Perubahan Garis Pantai akibat Pemasangan Groin Panjang 46 m, jarak antar Groin 46 m.....	95
Gambar 5.4.	Perubahan Garis Pantai akibat Penambahan Pasir sebesar 15.000m ³ /tahun	96
Gambar 5.5.	Perubahan Garis Pantai akibat Penambahan Pasir sebesar 20.000m ³ /tahun	97
Gambar 5.6.	Perubahan Garis Pantai akibat Penambahan Pasir sebesar 25.000m ³ /tahun	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan wisata Pantai Prigi berada di Desa Tasikmadu, Kecamatan Watulimo, sekitar 48 km ke arah selatan Kota Trenggalek. Pantai Prigi terletak antara $08^{\circ}17'18''$ Lintang Selatan dan $111^{\circ}43'42''$ Bujur Timur. Pantainya memanjang kurang lebih 2 km, berpasir putih, dan memiliki ombak yang tenang. Lokasi Pantai Prigi di tepi Samudera Indonesia yang berupa teluk Prigi menyimpan beragam potensi. Di lokasi Pantai Prigi ini terdapat aktivitas yaitu perikanan, wisata dan budaya. Lokasi Pantai Prigi, Trenggalek bisa dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Lokasi Pantai Prigi, Kabupaten Trenggalek
(Sumber :Google Map 2015)

Kawasan wisata Pantai Prigi berada tepat menghadap ke Samudera Indonesia dengan gelombang yang cukup besar, lokasi wisata Pantai Prigi dapat dilihat pada Gambar 1.2. Posisi

menghadap Samudera Indonesia ini bisa mengakibatkan kawasan wisata Pantai Prigi mengalami perubahan garis pantai akibat pengaruh angin/gelombang, arus, pasang surut dan bathimetri. Adanya parameter hidro-oceanografi, topografi dan bathimetri bisa mempengaruhi adanya perubahan garis pantai pada Pantai Prigi.



Gambar 1.2. Lokasi Studi
(Sumber : Google Earth, 2015)

Berdasarkan fenomena tersebut, maka perlu dilakukan kajian untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh terhadap perubahan garis pantai. Jika terjadi perubahan garis pantai, maka harus dilakukan upaya penanggulangan. Upaya penanggulangan untuk menghindari perubahan garis pantai ini bisa berupa konstruksi dan non konstruksi. Upaya penanggulangan secara konstruksi dapat dilakukan dengan pemberian bangunan pengaman pada pantai. Bangunan pengaman pantai merupakan konstruksi yang dibangun sejajar atau tegak lurus dengan garis pantai yang berfungsi untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun dari gambaran umum terdapat beberapa masalah yang harus diselesaikan antara lain:

1. Bagaimana keadaan hidro-oceanografi yaitu keadaan angin/gelombang, arus, dan pasang surut serta keadaan bathimetri atau topografi?
2. Bagaimana penyebab dan berapa besar terjadinya perubahan garis pantai?
3. Bagaimana penentuan tipe/jenis bangunan pengaman pantai pada kawasan wisata Pantai Prigi, Trenggalek yang sesuai agar pantai tetap stabil?

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas akhir ini nantinya, beberapa batasan masalah yang dipakai sebagai pedoman adalah :

1. Tidak memperhitungkan biaya dalam perencanaan pembangunannya.
2. Tidak melakukan perencanaan detail bangunan pengaman pantai

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari pembahasan Tugas Akhir ini adalah

1. Mengetahui keadaan hidro-oceanografi yaitu angin /gelombang, arus, dan pasang surut serta keadaan bathimetri atau topografi.
2. Mengetahui penyebab dan besarnya perubahan garis pantai pada kawasan wisata Pantai Prigi,
3. Menentukan tipe/jenis bangunan pengaman pantai yang sesuai agar pantai tetap stabil..

1.5 Manfaat

Manfaat yang akan diberikan Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk kepentingan akademis yaitu sebagai sarana pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa dan pembaca lain.
2. Sebagai referensi bagi pemerintah ataupun instansi lain dalam perencanaan bangunan pengaman pada kawasan wisata pantai Prigi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

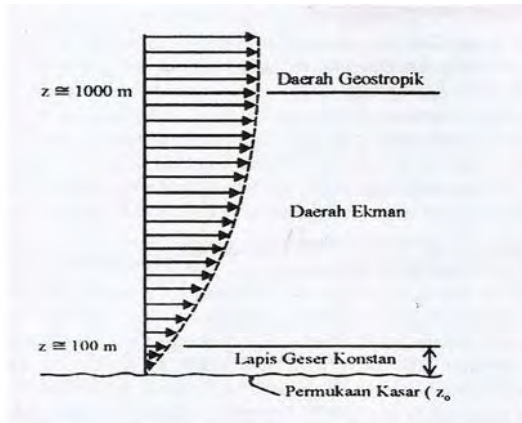
2.1. Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar teori yang akan digunakan sebagai dasar dalam studi tentang analisa perubahan garis pantai yang nantinya akan digunakan dalam perencanaan bangunan pantai. Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu :

1. Memperkuat atau melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang,
2. Mengubah laju angkutan sedimen sepanjang pantai,
3. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai,
4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai.

2.2. Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut dapat dilihat dalam gambar 2.1 yang terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan. Dibawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada elevasi 100 m sampai 1000 m dan daerah dimana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100m. Di kedua daerah tersebut kecepatan dan arah angin berubah sesuai dengan elevasi, karena adanya gesekan dengan permukaan laut dan perbedaan temperatur antara air dan udara.



Gambar 2.1 Distribusi Vertical Kecepatan Angin
(Sumber : Triatmojo 1999)

Di daerah tegangan konstan, profil vertical dari kecepatan angin mempunyai bentuk berikut:

$$U(y) = \frac{U_*}{K} \left\{ \ln \left(\frac{y}{y_0} \right) - \psi \left(\frac{y}{L} \right) \right\} \quad (2.1)$$

Dengan:

- U_* : kecepatan geser
- k : koefisien von karman ($=0,4$)
- y : elevasi terhadap permukaan air
- y_0 : tinggi kekasaran permukaan
- L : panjang campur yang tergantung pada perbedaan temperatur antara air dan udara (ΔT_{as})

Ψ : fungsi yang tergantung pada perbedaan temperatur antara air dan udara.

Untuk memperkirakan pengaruh kecepatan angin terhadap pembangkitan gelombang dapat digunakan persamaan yang lebih sederhana berikut ini.

$$U(10) = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7} \quad (2.2)$$

Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Permukaan air yang tenang dapat mengalami perubahan akibat adanya angin yang menyebabkan riak.

Peramalan gelombang bisa menggunakan data yang diperoleh pada lokasi pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat didekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin di laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan dinyatakan dalam satuan knot (1,852 km/jam atau 0.5 m/dt).

Data angin yang diperoleh biasanya sudah terklasifikasi sehingga pengolahan data lanjut bisa dilakukan lebih sederhana. Pada umumnya data dipilah berdasarkan distribusi kecepatan dan arah angin, serta prosentasenya atau dikenal dengan *windrose*.

Rumus transformasi dari data angin di daratan menjadi angin di permukaan laut yang biasa digunakan :

Kecepatan angin yang akan dipergunakan untuk peramalan gelombang adalah (SPM, 1984) :

$$U = R_T \cdot R_L (U_{10})_L \quad (2.3)$$

Dimana :

R_T = Koreksi akibat perbedaan temperatur antara udara dan air (Gambar 2.2)

R_L = Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat (Gambar 2.3)

$(U_{10})_L$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah (land).

Koreksi antara data angin di darat dan di atas permukaan laut dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.4)$$

Dimana :

R_L = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

U_W = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

U_L = kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

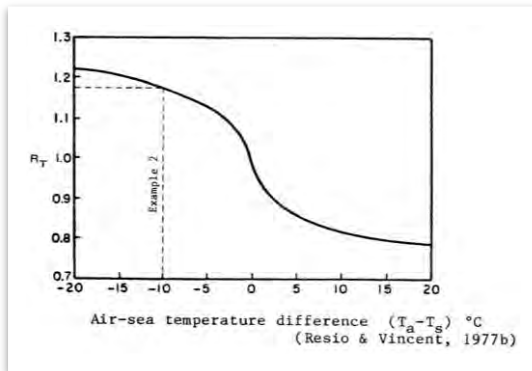
Untuk menggunakan grafik yang ada pada buku Shore Protection Manual (1984), kecepatan angin tersebut masih harus dirubah ke faktor tegangan angin U_A (wind-stress factor) yang dapat dihitung dengan rumus berikut (SPM, 1984) :

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad (2.5)$$

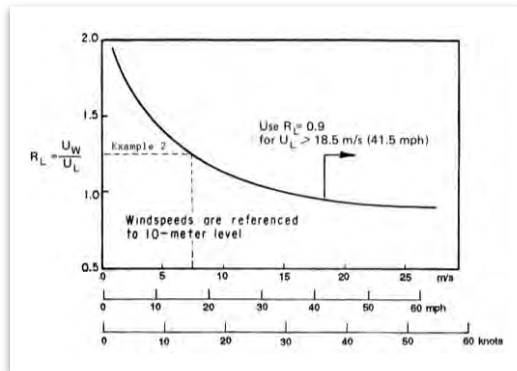
dimana :

U = kecepatan angin dalam m/det.

U_A = faktor tegangan angin (*wind stress factor*)



Gambar 2.2. Koefisien Koreksi Kecepatan Terhadap Perbedaan Temperatur (R_T)
(Sumber : CERC, 1984)



Gambar 2.3. Koefisien Koreksi Terhadap Pencatatan Kecepatan di Darat
(Sumber : CERC, 1984)

2.3. Mekanika Pergerakan Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya.

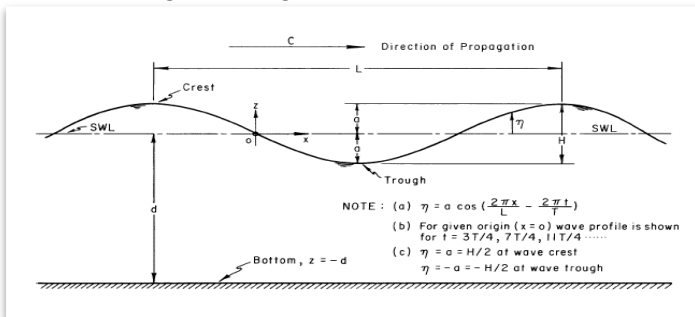
2.3.1. Analisis Gelombang

2.3.1.1 Teori Gelombang Amplitudo Kecil

Gambar 2.4. menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x. Beberapa notasi yang digunakan adalah :

- d : Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)
- η : Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
- a : Amplitudo
- H : Tinggi gelombang

- L : Panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan
- T : Periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.
- C : Kecepatan rambat gelombang = L/T
- k : Angka gelombang = $2\pi/L$
- σ : Frekuensi gelombang = $2\pi/T$



Gambar 2.4. Sketsa Definisi Gelombang
 (Sumber : CERC, 1984)

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu : gelombang di alut dangkal, gelombang di laut transisi dan gelombang di laut dalam. Perbedaan dari masing-masing gelombang dijelaskan pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1. Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi dan Dangkal

	Laut Dalam	Laut Transisi	Laut Dangkal
Kedalaman Relatif (d/L_0)	$> \frac{1}{25} - \frac{1}{2}$	$\frac{1}{25} - \frac{1}{2}$	$< \frac{1}{25} - \frac{1}{2}$
Cepat Rambat (c)	1,56 T	$\frac{gT}{2\pi} \text{ tankd}$	\sqrt{gd}
Panjang Gelombang (L)	$1,56 T^2$	$\frac{gT^2}{2\pi} \text{ tankd}$	$\sqrt{gd}T$

(Sumber : CERC, 1984)

2.3.1.2. Fetch

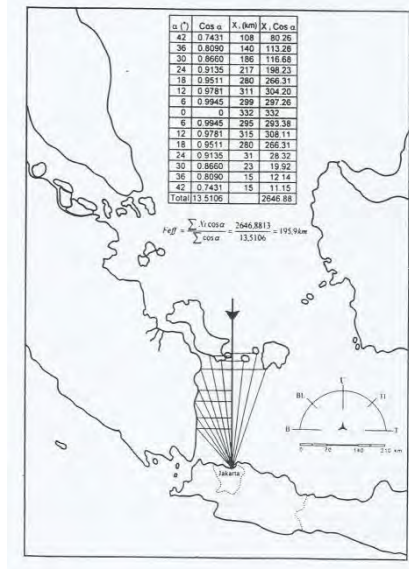
Menurut Bambang Triatmojo 2011 di dalam tinjauan pembangkit gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Gambar 2.5 menunjukkan cara untuk mendapatkan fetch efektif. Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut.

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.6)$$

Dengan:

F_{eff} : fetch rerata efektif

- X_i : panjang segmen fetch yang diukur dari titik obsevasi gelombang ke ujung akhir fetch.
- A : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.5 Contoh Penggambaran Fetch
(Sumber : Triatmodjo, 2011)

2.3.1.3. Gelombang Representatif

Untuk perencanaan bangunan pantai perlu dipilih tinggi dan perioda gelombang individu (individual wave) yang dapat mewakili suatu spektrum gelombang. Gelombang tersebut dikenal dengan gelombang representatif. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat ditentukan tinggi H_n yang merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi. Dengan bentuk seperti itu akan dapat dinyatakan karakteristik gelombang alam dalam bentuk gelombang tunggal. Misalnya, H_{10} adalah

tinggi rerata dari 10 pesen gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang. Bentuk yang paling banyak digunakan adalah H_{33} atau tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi dari pencatatan gelombang; yang juga disebut sebagai tinggi gelombang signifikan H_s . Cara yang sama juga dapat digunakan untuk periode gelombang. Tetapi untuk periode gelombang signifikan didefinisikan sebagai periode rerata untuk sepertiga gelombang tertinggi.

2.3.1.4. Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Besarnya tinggi dan periode gelombang di laut dalam ini didapatkan dari hasil analisis data angin dengan panjang fetch efektif yang sudah diperhitungkan sebelumnya. Perhitungan tinggi gelombang yang terjadi di laut dalam menggunakan metode *Sverdrup Munk Bretschneider* (SMB) yang telah dimodifikasi (CERC, 1984). Perumusan metode SMB dapat dilihat pada Tabel 2.1. Pada tabel tersebut ada 2 klasifikasi perhitungan yaitu berdasarkan *Fetch Limited* dan *Fully Developed*. (catatan satuan yang digunakan adalah satuan SI dengan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

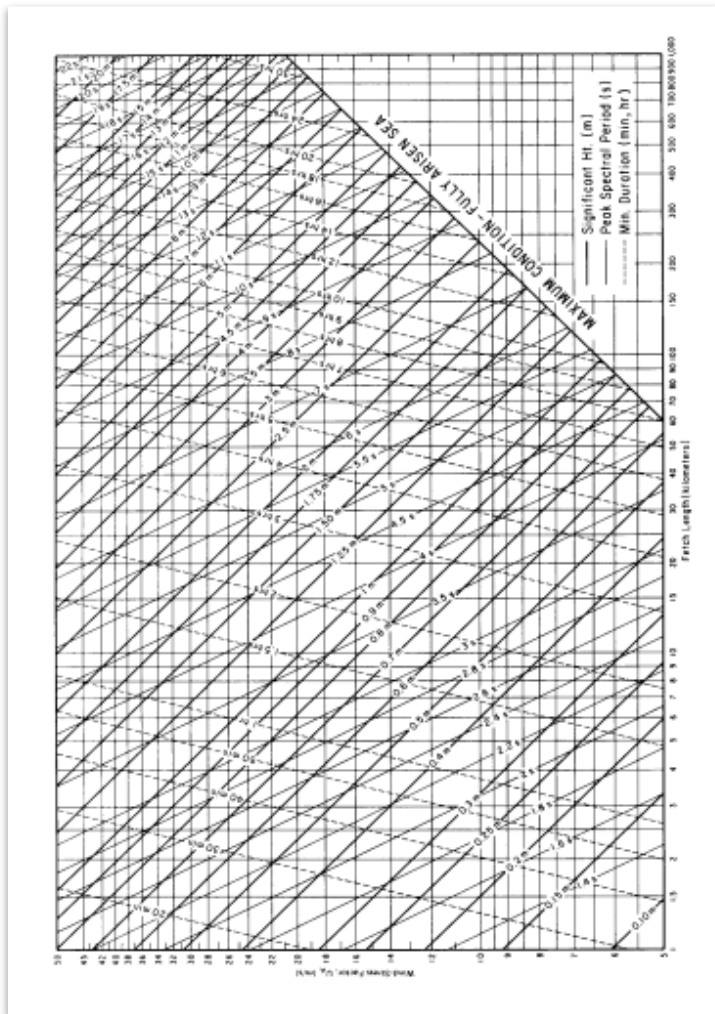
Pemilihan rumus untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus memperhatikan kondisi lapangan, sehingga hasil yang didapat bisa sesuai dengan kondisi yang ada. Perumusan berdasarkan kondisi *fetch limited* digunakan bila pantai tertutup oleh penghalang (pulau atau teluk). Sedangkan perumusan berdasarkan kondisi *Fully Developed Sea* digunakan bila pantai berhubungan dengan laut bebas yang tidak ada penghalangnya. Apabila hasil perhitungan berdasarkan kondisi *Fully Developed Sea* didapatkan durasi gelombang yang sangat besar, maka harus dikoreksi terhadap nomogram dari SPM (Gambar 2.6) agar sesuai dengan kondisi lapangan.

Tabel 2.2. Persamaan untuk Peramalan Tinggi Gelombang dengan Menggunakan Metode SMB (SI)

Dimensionless	Metric Units	
	H(m), T(s), U _A (m/s), F(m), t(s)	H(m), T(hr), U _A (m/s), F(km), t(s)
Fetch Limited (F,U)		
$\frac{g \cdot H_{m0}}{U_A^2} = 1,6 \times 10^{-3} \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/2}$	$H_{m0} = 5,112 \times 10^{-4} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$	$H_{m0} = 1,616 \times 10^{-2} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$
$\frac{g \cdot T_m}{U_A} = 2,857 \times 10^{-1} \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/3}$	$T_m = 6,238 \times 10^{-2} \cdot (U_A \cdot F)^{1/3}$	$T_m = 6,238 \times 10^{-1} \cdot (U_A \cdot F)^{1/3}$
$\frac{g \cdot t}{U_A} = 6,88 \times 10 \cdot \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{2/3}$	$t = 3,215 \times 10 \cdot \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$	$t = 8,93 \times 10^{-1} \cdot \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$
Fully Developed		
$\frac{g \cdot H_{m0}}{U_A^2} = 2,433 \times 10^{-1}$	$H_{m0} = 2,482 \times 10^{-2} \cdot U_A^2$	$H_{m0} = 2,482 \times 10^{-2} \cdot U_A^2$
$\frac{g \cdot T_m}{U_A} = 8,134$	$T_m = 8,308 \times 10^{-1} \cdot U_A$	$T_m = 8,308 \times 10^{-1} \cdot U_A$
$\frac{g \cdot t}{U_A} = 7,15 \times 10^4$	$t = 7,296 \times 10^3 \cdot U_A$	$t = 2,027 \cdot U_A$
$g = 9.8 \text{ m/s}^2$		

(Sumber : CERC, 1984)

Dimana : H_{S0} = Tinggi gelombang significant
 T₀ = Periode gelombang puncak
 F = Panjang fetch
 U_a = Tekanan angin



Gambar 2.6. Nomogram Peramalan Gelombang
(Sumber : CERC, 1984)

2.3.1.5. Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang

Gelombang yang dihitung pada pembahasan sebelumnya merupakan tinggi gelombang pada laut dalam yang datanya merupakan hasil analisis dari kecepatan dan arah angin yang telah tercatat beberapa tahun secara urut sebelum bangunan pengamanan pantai dibuat. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana ini, maka hasil tinggi gelombang yang didapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah metode Weibull dan Fisher Tippet Type I

Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini.

1. Distribusi Fisher Tippet Type I.

$$P(Hs \leq \hat{H}s) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}s-B}{A}\right)}} \quad (2.7)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq \hat{H}s) = 1 - e^{-\left(\frac{\hat{H}s-B}{A}\right)^k} \quad (2.8)$$

dengan :

$P(Hs \leq \hat{H}s)$ = probabilitas bahwa $\hat{H}s$ tidak dilampaui

H = tinggi gelombang representatif

\hat{H} = tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A = parameter skala

B = parameter lokasi

k = parameter bentuk

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher Tippet Type I.

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12} \quad (2.9)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m - 0.2 - \frac{0.27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0.2 + \frac{0.23}{\sqrt{k}}} \quad (2.10)$$

dengan :

$P(Hs \leq Hsm)$ = probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.

Hsm = tinggi gelombang urutan ke m

m = nomor urut tinggi gelombang signifikan

N_T = jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Parameter A dan B di dalam persamaan 2.7 dan 2.8 dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut :

$$Hsm = A \cdot y_m + B \quad (2.11)$$

Dimana y_m untuk distribusi Fisher Tippet tipe I :

$$y_m = -\ln\{-\ln F(Hs \leq Hsm)\} \quad (2.12)$$

untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [-\ln\{1 - F(Hs \leq Hsm)\}]^{1/k} \quad (2.13)$$

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi probabilitas dengan rumus berikut ini.

$$H_{sr} = A \cdot y_r + B \quad (2.14)$$

Dimana y_r untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I

$$y_r = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{L \cdot T_r}\right)\right\} \quad (2.15)$$

dan untuk distribusi Weibull

$$y_r = [\ln(L \cdot T_r)]^{1/k} \quad (2.16)$$

dengan :

H_{sr} = tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r = periode ulang (tahun)

- K = panjang data (tahun)
 L = rerata jumlah kejadian per tahun

2.3.1.6. Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya bergantung pada deviasi standar. Dalam perhitungan ini digunakan pendekatan yang dilakukan oleh Gumbel (1958) dan Goda (2000) dalam CERC (1992) untuk perkiraan deviasi standar dari nilai uang. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.17)$$

dengan:

σ_{nr} = standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T

N = jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k \sqrt{-\ln v}}$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, k$ = koefisien empiris yang diberikan pada tabel 2.3

$$v = \frac{N}{N_T}$$

Tabel 2.3. koefisien untu menghitung deviasi standar

Distribusi	α_1	α_2	e	c	ε
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72

Besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs} \quad (2.18)$$

dengan:

σ_r = kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

σ_{Hs} = deviasi standar dari data gelombang signifikan

Interval keyakinan dihitung dengan anggapan bahwa perkiraan tinggi gelombang signifikan pada periode ulang tertentu terdistribusi normal terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan. Batas interval keyakinan terhadap H_{sr} dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan pada tabel 2.4. perlu diingat bahwa lebar interval keyakinan tergantung pada fungsi distribusi, N dan v , tetapi tidak berkaitan dengan seberapa baik data mengikuti fungsi distribusi.

Tabel 2.4. Batas Interval Keyakinan

Tingkat keyakinan (%)	Batas Interval Keyakinan Terhadap H_{sr}	Probabilitas Batas Atas Terlampaui
80	$1,28\sigma_r$	10,0
85	$1,44\sigma_r$	7,5
90	$1,65\sigma_r$	5,0
95	$1,96\sigma_r$	2,5
99	$2,58\sigma_r$	0,5

2.3.2. Transformasi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah.

2.3.2.1. Pendangkalan Gelombang (*Wave Shoaling*)

Jika suatu gelombang menuju perairan dangkal, maka terjadi perubahan karakteristik gelombang yang meliputi perubahan tinggi, panjang dan kecepatan gelombang. Dengan menganggap bahwa kemiringan perairan dapat diabaikan (Pratikto dkk, 1997). Proses pendangkalan gelombang (shoaling) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman. Kecepatan gerak gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang ada di air dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada di perairan yang lebih dalam.

Koefisien Shoaling dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{1 \times C_0}{2nC}} = K_s \quad (2.19)$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right) \quad (2.20)$$

Koefisien shoaling juga dapat diperoleh dari tabel A-1 buku Perencanaan Bangunan Pantai, Triatmodjo 2011.

Maka tinggi gelombang pada kedalaman H_0 akibat adanya refraksi dan shoaling adalah :

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \quad (2.21)$$

dimana :

K_s = koefisien Shoaling

K_r = koefisien Refraksi

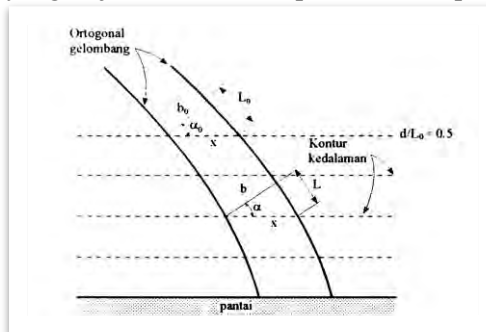
H_0 = tinggi gelombang di laut dalam.

2.3.2.2. Refraksi

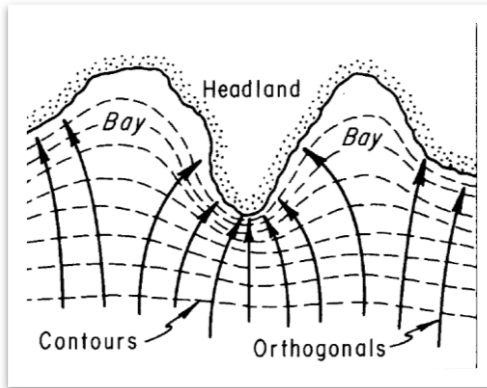
Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Variasi cepat rambat gelombang terjadi di sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk suatu sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (pengucupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai



Gambar 2.7. Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar
(Sumber : Triatmodjo, 2011)



Gambar 2.8. Konvergensi dan Divergensi Energi Gelombang.
(Sumber : CERC, 1984)

Apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, maka :

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.22)$$

dimana :

α_0 = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar

α = sudut yang sama diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar

C_0 = kecepatan gelombang pada kontur pertama

C = kecepatan gelombang pada kontur kedua

Seperti terlihat dalam gambar 2.8, jarak antara ortogonal di laut dalam dan disuatu titik adalah b_0 dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga :

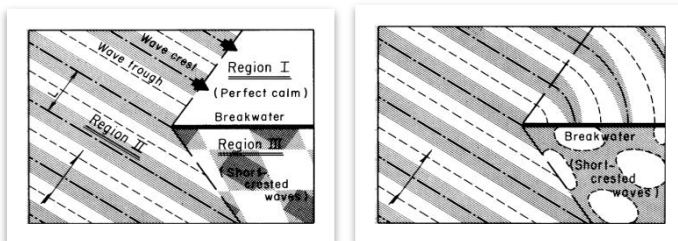
$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.23)$$

maka koefisien refraksi (K_r) adalah :

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.24)$$

2.3.2.3. Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti *breakwater* atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung dibelakangnya; terlihat dalam gambar 2.9 a dan b.



Gambar 2.9a Tanda Difraksi Gambar 2.9b Mengalami Difraksi
(Sumber : CERC, 1984)

Apabila tidak terjadi difraksi gelombang, daerah di belakang rintangan akan tenang tetapi karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang.

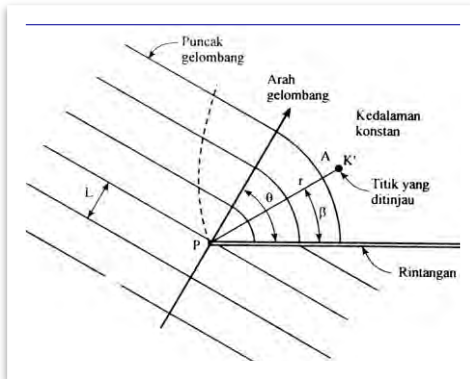
Persamaan tinggi gelombang akibat pengaruh difraksi gelombang dapat dilihat dalam persamaan 2.25. Dengan K' merupakan koefisien difraksi yang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang. Nilai K' untuk θ , β , r/L tertentu dapat dilihat dalam tabel difraksi.

$$H_A = K' \cdot H_p \quad (2.25)$$

Keterangan :

H_A : Tinggi gelombang yang ditinjau

H_P : Tinggi gelombang di ujung rintangan



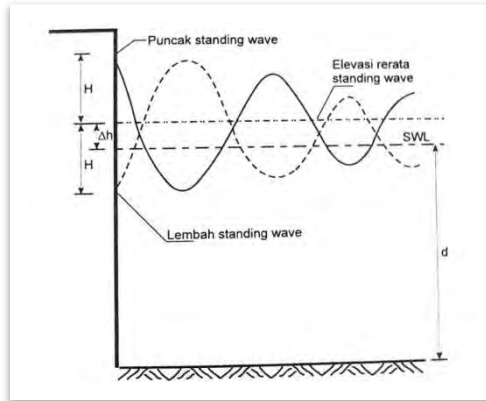
Gambar 2.10. Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan
(Sumber : Triatmodjo, 2011)

2.3.2.4. Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam pelabuhan. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak dan masif. Pada bangunan vertikal, halus dan dinding tidak elastis, gelombang akan dipantulkan seluruhnya. Gambar 2.11 adalah bentuk profil muka air di depan bangunan vertikal. Gelombang di depan bangunan vertikal disebut dengan gelombang berdiri (*standing wave*). Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien

refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dengan tinggi gelombang datang H_i :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.26)$$



Gambar 2.11. Profil muka air di depan bangunan vertikal
(Sumber : Triatmodjo, 2011)

Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam tabel 2.5

Tabel 2.5. Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0.7-1.0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0.5-0.7
Tumpukan batu sisi miring	0.3-0.6
Tumpukan blok beton	0.3-0.5
Bangunan vertikal dengan peredam energ (diberi lubang)	0.05-0.2

(Sumber : Triatmodjo, 2011)

2.3.2.5. Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang

pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\frac{Hb}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{\frac{1}{3}}} \quad (2.27)$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - \left(\frac{aHb}{gT^2} \right)} \quad (2.28)$$

dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

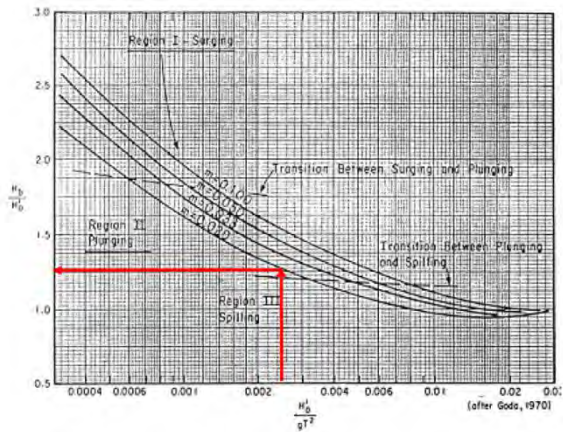
$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.29)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.30)$$

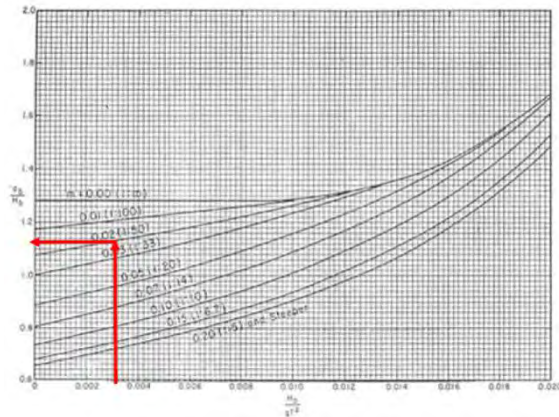
dengan:

- Hb : tinggi gelombang pecah
- H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekuivalen
- L_0 : panjang gelombang di laut dalam
- d_b : kedalaman air saat gelombang pecah
- m : kemiringan dasar laut
- g : percepatan gravitasi
- T : periode gelombang

Tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat juga dihitung dengan menggunakan metode SPM melalui gambar 2.12-2.13.



Gambar 2.12 Grafik Penentuan Gelombang Pecah
(Sumber : Triatmojo 1999)



Gambar 2.13 Grafik Penentuan Gelombang Pecah
(Sumber : Triatmojo 1999)

2.4 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun

massa matahari jauh lebih besar daripada bulan, namun pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada matahari. Hal ini dikarenakan jarak bumi ke bulan lebih dekat daripada jarak bumi ke matahari dengan gaya tarik bulan yang mempengaruhi besar pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi.

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar.

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran.

a. Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman.

b. Pasang surut harian tunggal (diurnal tide)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.

c. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevelailing semidiurnal tide)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Pasang surut jenis ini banyak terdapat diperairan Indonesia Timur.

- d. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevelailing diurnal tide)

Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ringgi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat selat Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.

Mengingat elevasi di laut selalu berubah satiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

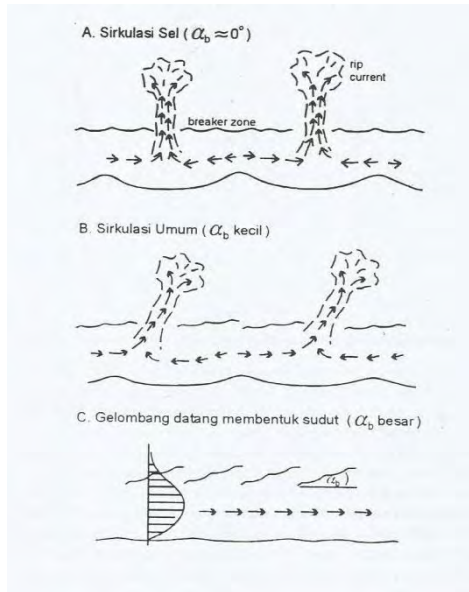
- a. Muka air tinggi (high water level atau high water spring, HWS), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (low water level atau low water spring, LWS), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c. Muka air tinggi rerata (mean high water level, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi
- d. Muka air rendah rerata (mean low water level, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah
- e. Muka air laut rerata (mean sea level, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referansi untuk elevasi di daratan.
- f. Muka air tinggi tertinggi (highest high water level, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- g. Muka air rendah terendah (lowest low water level, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

- h. Higher high water level, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
- i. Lower low water level, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

2.5 Arus

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang yang bisa menimbulkan arus yang berbeda pada beberapa daerah. Daerah yang dilintasi adalah daerah lepas pantai (*offshore zone*) yaitu daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut dan daerah *surf zone*, yaitu daerah antara gelombang pecah dan garis pantai, ditandai dengan gelombang pecah dan penjalaran gelombang setelah pecah ke arah pantai.

Ada tiga macam arus yaitu sirkulasi sel, sirkulasi umum dan gelombang datang membentuk sudut yang dapat dilihat pada gambar 2.14 a,b,c. (Triatmojo, 1999)



Gambar 2.14 a,b,c Arus Dekat Pantai
(Sumber : Triatmojo 1999)

Arus sepanjang pantai (*longshore current*) dapat ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, seperti terlihat dalam gambar 2.14.c di bangkitkan oleh momentum yang dibawa oleh gelombang. Longuet-Higgins (Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai berikut ini.

$$V = 1,17(gHb)^{1/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.31)$$

Dengan:

- V : kecepatan arus sejajar pantai
G : percepatan gravitasi

Hb : tinggi gelombang pecah
 αb : sudut datang gelombang pecah

Distribusi kecepatan arus sepanjang pantai mempunyai bentuk seperti dalam gambar 2.14.c. Arus sejajar pantai yang diberikan oleh rumus (2.31) dapat mengangkut sedimen yang telah digerakkan (dierosi) oleh gelombang dan terus terbawa sepanjang pantai. Sedimen yang terangkut tersebut dikenal dengan transport sedimen sepanjang pantai.

2.6 Angkutan Sedimen

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*). Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedang transpor sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai.

2.6.1 Angkutan sedimen menuju -meninggalkan pantai

Menurut Triatmodjo 1999 gerak air di dekat dasar menimbulkan tegangan geser pada sedimen dasar. Apabila nilai tegangan geser dasar τ_b lebih besar dari tegangan kritik erosi τ_{bc} , partikel sedimen mulai bergerak. Dianggap bahwa berat terendam partikel sedimen yang bergerak tiap satuan luas adalah sebanding dengan tegangan geser,

$$N \frac{\pi}{6} (\rho_s - \rho) g D^3 = k_1 \tau_b \quad (2.32)$$

Dimana:

N = jumlah partikel yang bergerak tiap satuan luas
 ρ_s = rapat masa

- D = diameter partikel
 ρ = rapat masa air
 g = percepatan gravitasi
 k_1 = konstanta tak berdimensi

selanjutnya dianggap bahwa partikel sedimen ditranspor dengan kecepatan yang sebanding dengan kecepatan di dekat dasar ub . Traspor sedimen tiap satuan lebar, is , dalam arah ub diberikan oleh:

$$is = N \frac{\pi}{6} (\rho s - \rho) g D^3 k_2 ub = k_1 k_2 \tau_b ub \quad (2.33)$$

dengan k_2 juga koefisien tak berdimensi.

Transpor sedimen yang diberikan oleh persamaan diatas dapat di nyatakan dalam bentuk volume, sebagai berikut:

$$qs = \frac{is}{(1-\varepsilon)(\rho s - \rho)g} = k_3 \frac{\tau_b ub}{(\rho s - \rho)g} \quad (2.34)$$

Dengan ε adalah porositas sedimen (untuk pasir pantai biasanya 0,4). Dengan memasukkan koefisien gesekan f ($\tau_b = \rho u^2$) dan kecepatan geser u ($u = \sqrt{\frac{f}{2}} ub$) maka persamaan menjadi

$$qs = \frac{k_3}{\sqrt{2f}} \frac{u \cdot^3}{sg} \quad (2.35)$$

Kecepatan endapan butir sedimen di air W diberikan oleh bentuk berikut :

$$W = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{sgD}{C_D}} \quad (2.36)$$

Dengan C_D adalah koefisien hambatan. Dari persamaan qs dan W diperoleh :

$$\varphi = \frac{qs}{WD} = \frac{\sqrt{3}}{2} k_3 \left(\frac{C_D}{f} \right)^{0.5} \psi_m^{1.5} \quad (2.37)$$

Dengan $\varphi = \frac{qs}{WD}$ adalah laju transport sedimen tak berdimensi dan ψ adalah parameter Shields yang di definisikan sebagai :

$$\psi = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gD} = \frac{u_b^2}{sgD} \quad (2.38)$$

Mengingat nilai C_D/f dapat dianggap konstan, maka bentuk persamaan diatas dapat ditulis menjadi

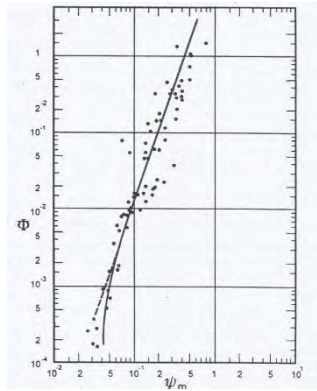
$$\varphi \approx k\psi^{1.5} \quad (2.39)$$

Dengan k adalah konstanta.

Dengan menggunakan laju transpor sedimen dalam aliran osilasi (aliran bolak balik seperti pada gelombang), Madsen dan Grant(1976, dalam Watanabe, 1983) memperoleh hubungan empiris antara ψ dan ψ_m seperti diberikan pada gambar 2.15. Dalam gambar tersebut ψ adalah transpor sedimen rerata pada setengah periode gelombang ψ_m adalah parameter Shield. Parameter τ_b dan u_b yang digunakan untuk menghitung parameter Shields adalah amplitud tegangan geser dasar dan kecepatan di dekat dasar. Dari gambar tersebut diperoleh suatu hubungan berikut:

$$\varphi = 12,5\psi_m^3 \quad (2.40)$$

Watanabe dkk (1980, dalam Watanabe, 1983) meneliti hubungan antara Φ dan ψ_m , dengan Φ adalah laju transpor netto ke arah pantai maupun kearah laut dalam satu periode gelombang hasil penelitian dapat dilihat pada rumus dan gambar di bawah ini.



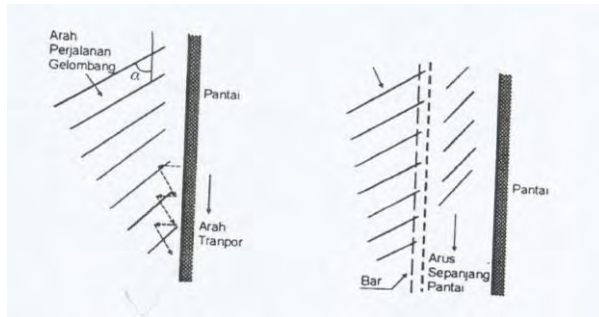
Gambar 2.15 Transpor Sedimen Rerata pada Aliran Osilasi
(Sumber : Triatmojo 1999)

$$\Phi = 7(\psi_m - \psi_{mc})\psi_m^{0,5} \quad (2.41)$$

Dengan ψ_{mc} adalah parameter Shield kritis untuk gerak aktif sedimen ($\psi_{mc}=0,11$)

2.6.2 Angkutan sedimen sepanjang pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama, yaitu transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transpor sepanjang pantai di *surf zone* (gambar 2.16).



Gambar 2.16 Transpor Sedimen Sepanjang Pantai
(Sumber : Triatmojo 1999)

Transpor sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh karena itu prediksi transpor sedimen sepanjang pantai adalah sangat penting. Beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai adalah sebagai berikut:

- Cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sejajar pantai pada suatu tempat adalah mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau.
- Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sedimen. Cara ini baik digunakan apabila di daerah yang ditinjau terdapat bangunan yang bisa menangkap transpor sedimen sepanjang pantai, misalnya groin, pemecah gelombang suatu pelabuhan, dan sebagainya.
- Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Angkutan sedimen sepanjang pantai dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris, yang dikembangkan berdasar data pengukuran model dan prototip pada pantai berpasir; dan

merupakan hubungan antara angkutan sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk:

$$Q_s = \frac{K}{(\rho_s - \rho)g(1 - n)} P_1 \quad (2.42)$$

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.43)$$

dimana:

- Q_s : angkutan sedimen sepanjang pantai (m^3/dt)
- P_1 : komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ($kg\ m/dt$)
- ρ : rapat massa air laut (kg/m^3)
- ρ_s : rapat massa pasir (kg/m^3)
- H_b : tinggi gelombang pecah (m)
- C_b : cepat rambat gelombang pecah (m/dt) = $\sqrt{gd_b}$
- α_b : sudut datang gelombang pecah
- K : konstanta
- n : porositas ($n \sim 0,4$)

CERC (1984) memberikan nilai $K=0,39$ di mana dalam persamaan (2.42) digunakan tinggi gelombang signifikan.

2.6.3. Permodelan Garis Pantai dengan *One Line Model*.

One line model sediment transport digunakan untuk mengetahui *transport rate* dengan pendekatan numerik yang terstruktur sehingga diperoleh gambaran perubahan garis pantai yang terjadi dalam kurun waktu tertentu yang akan mendekati kondisi yang terjadi di lapangan serta dapat mensimulasikan skenario penambahan bangunan pelindung pantai yang diinginkan dalam suatu perairan. Hasil permodelan akan menunjukkan perubahan garis pantai, luasan erosi dan sedimentasi yang terjadi serta angkutan sedimen yang dihasilkan, dan hasil perubahan garis pantai setelah dibangun bangunan pelindung pantai.

Data masukan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. data posisi awal garis pantai berupa koordinat (x,y)

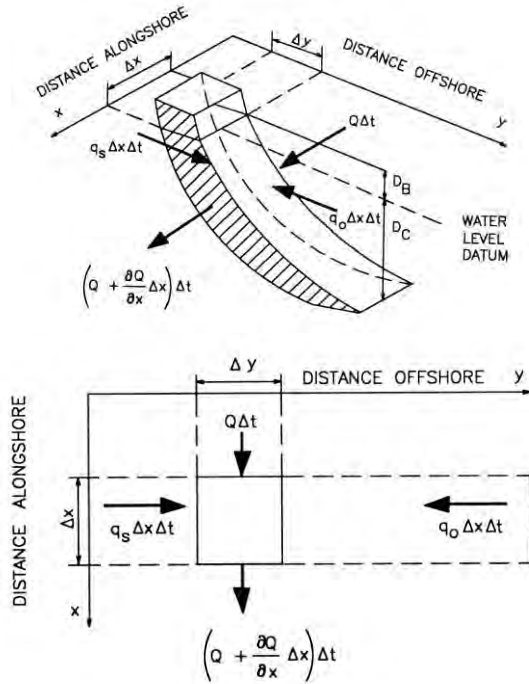
2. *time series* data gelombang laut dalam, tinggi gelombang, periode dan arah rambat gelombang terhadap garis normal pantai untuk selang waktu tertentu.
3. grid simulasi yang melingkupi garis pantai serta perairan dimana gelombang akan merambat.
4. struktur bangunan pantai eksisting atau yang direncanakan dan data struktur laut lainnya yang berada pada perairan yang ditinjau.
5. data-data lain seperti ukuran butiran (D50), parameter kalibrasi dan parameter-parameter lainnya.

2.7 Perubahan Garis Pantai

Dianggap profil pantai bergerak maju / mundur bentuknya tetap.

- Erosi : Profil bergerak ke arah darat.
- Akresi : Profil bergerak ke arah laut.

Garis kontur bergerak dengan jarak yang sama (gerakan 1 garis kontur artinya gerakan garis pantai). Perubahan garis pantai bisa dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2. 17 Perubahan Garis Pantai
(Sumber: CERC 1984)

Dengan melihat gambar kita bisa menghitung perubahan volume dengan menggunakan persamaan (2.44):

$$\Delta V = \Delta x \cdot \Delta y (D_B + D_C) \quad (2.44)$$

Perubahan bisa disebabkan oleh :

a. Perbedaan ΔQ kapasitas angkutan sedimen sejajar garis pantai (Longshore transport rate) Q sebagai perubahan volume netto:

$$\Delta Q \cdot \Delta t = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) \Delta x \cdot \Delta t \quad (2.45)$$

b. Adanya penambahan / pengurangan sediment (source / sink) persatuan lebar pantai

$$q = q_s + q_0 \quad (2.46)$$

Dimana:

q_s = Penambahan satu satuan volume pasir kearah laut.

q_0 = Pengurangan satu satuan volume pasir kearah darat

Perubahan Volume tegak lurus pantai;

$$q \cdot \Delta x \cdot \Delta t \quad (2.47)$$

Penambahan / penjumlahan kedua perubahan volume di atas :

$$\Delta V = \Delta x \cdot \Delta y (D_B + D_C) \quad (2.48)$$

$$\Delta V = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) \Delta x \cdot \Delta t + q \Delta x \cdot \Delta t \quad (2.49)$$

Dengan memasukan nilai – nilai seperti di atas maka,

Persamaan besarnya perubahan garis pantai :

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{(D_B + D_C)} \left(\frac{\partial q}{\partial x} - q \right) = 0 \quad (2.50)$$

Untuk memecahkan persamaan di atas maka harus diketahui :

- Posisi garis pantai awal yang dimodelkan
- Kondisi batas pada masing – masing ujung garis pantai
- $Q, q, D_B, D_C,$

Dimana:

Q = Longshore transport rate (m³ / dt)

q = Cross – shore transport rate (m³ / dt / m)

DB = tinggi berm (m)

DC = tinggi Closure (m)

Besarnya angkutan sediment // garis pantai

(Q = Longshore sand transport) ,

$$Q = (H^2 C_g)_b \cdot \left[a_1 \sin 2\theta_{bs} - a_2 \cos \theta_{bs} \frac{\partial H}{\partial x} \right]_b \quad (2.51)$$

dimana :

H = Tinggi gelombang (m)

C_g = Kecepatan rambat grup gelombang

θ_{bs} = Sudut datang gelombang pecah terhadap garis pantai

a_1, a_2 = Parameter tidak berdimensi.

$$a_1 = \frac{K1}{16(\rho_s / \rho - 1)(1 - p)(1,416)^{5/2}} \quad (2.52)$$

$$a_2 = \frac{K2}{8(\rho_s / \rho - 1)(1 - p) \tan \beta (1,416)^{7/2}} \quad (2.53)$$

dimana :

K_1, K_2 = Koefisien empiris (Parameter Kalibrasi)

K_1 = 0.58 s/d 0.77

K_2 = (0.5 ~ 1.0) K_1

ρ_s = Rapat masa sediment (2650 kg/m³)

ρ = Rapat masa air laut (1030 kg/m³)

p = Porositas sediment di dasar (0.4)

$\tan \beta$ = Kemiringan garis pantai (⁰)

1.416 = angka konversi dari H_s

$$\tan \beta = \left(\frac{A^3}{D_{LT_0}} \right)^{1/2} \quad (2.54)$$

Dimana nilai A bisa dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Nilai A

$A = 0,41(d_{50})^{0,94} \rightarrow d_{50} < 0,4$ $A = 0,23(d_{50})^{0,32} \rightarrow 0,4 \leq d_{50} \leq 10,0$ $A = 0,23(d_{50})^{0,28} \rightarrow 10,0 \leq d_{50} \leq 40,0$ $A = 0,46(d_{50})^{0,11} \rightarrow 40,0 \leq d_{50}$

Dengan:

D_{50} (mm)

A (m^{1/3})

$$D_{LT_0} = (2,3 - 10,9H_0) \frac{H_0}{L_0} \quad (2.55)$$

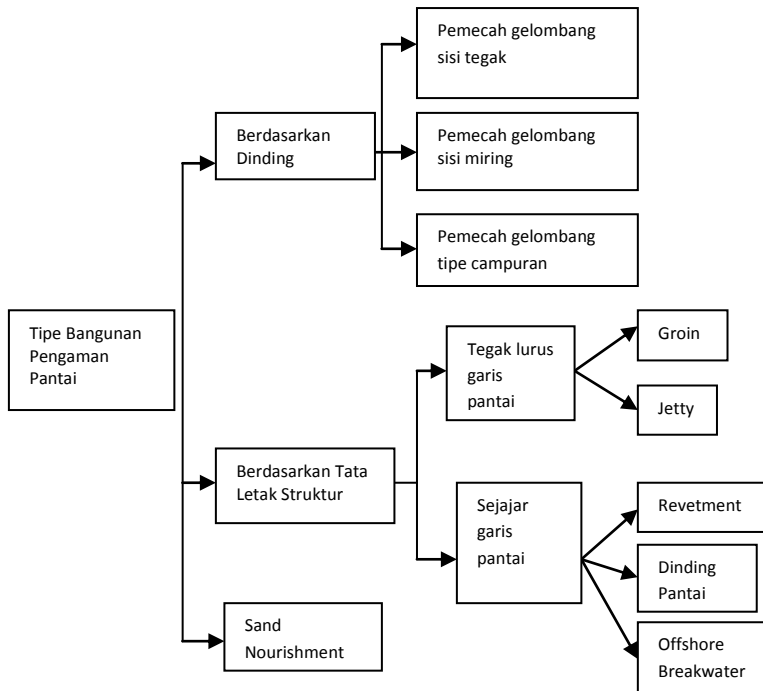
$$L_0 = \frac{gT^2}{2\lambda} \quad (2.56)$$

2.8. Bangunan Pengaman Pantai

Salah satu dari masalah yang ada di daerah pantai adalah Erosi. Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian sangat besar

dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas fasilitas yang ada di daerah tersebut.

Bangunan pengaman pantai dibedakan berdasarkan dinding struktur dan tata letak struktur. Macam-macam bangunan pengaman pantai dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18. Skema Tipe Bangunan Pantai

2.8.1. Pemecah Gelombang Sisi Tegak (Struktur Masif)

Bangunan sisi tegak terbuat dari dinding blok beton yang disusun secara vertikal, kaisson beton, tumpukan buis beton, dinding turap baja yang di dalamnya diisi batu, dan sebagainya. Kaisson adalah konstruksi berbentuk kubus dari beton bertulang yang di dalamnya diisi pasir atau batu. Bangunan tersebut diletakkan diatas pasir atau batu yang berfungsi sebagai pondasi.

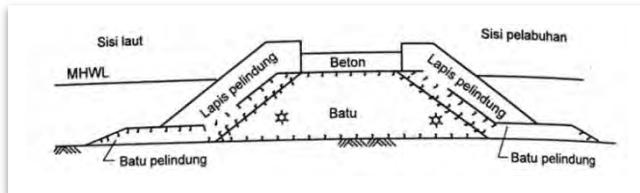
Untuk melindungi gerusan pada pondasi maka dibuat perlindungan kaki yang terbuat dari batu atau blok beton.

2.8.2. Pemecah Gelombang Sisi Miring (Tumpukan Batu)

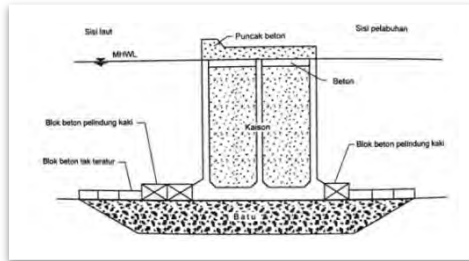
Bangunan sisi miring terbuat dari tumpukan batu yang disusun dalam beberapa lapis dengan ukuran batu tertentu, sedemikian sehingga sebuah lapisan akan berfungsi sebagai saringan bagi lapisan di bawahnya. Lapis terluar adalah lapis pelindung yang terbuat dari batu-batu ukuran besar, atau batu buatan dari beton dengan bentuk khusus seperti kubus, tetrapod, quadripods, tribars, dan sebagainya. Lapis pelindung harus mampu menahan serangan gelombang. Lapis kedua terdiri dari batu dengan ukuran lebih kecil, sedang lapisan terdalam terdiri dari batu yang lebih kecil lagi.

2.8.3. Pemecah Gelombang Tipe Campuran

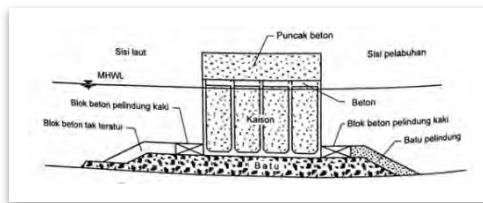
Selain kedua tipe tersebut dalam kedalaman air yang besar, di mana pembuatan bangunan sisi miring atau vertikal tidak ekonomis, dibuat pemecah gelombang tipe campuran yang merupakan gabungan dari tipe pertama dan kedua. Gambar 2.19 menunjukkan beberapa contoh ketiga tipe bangunan pemecah gelombang.



Gambar 2.19.a. Pemecah gelombang sisi miring



Gambar 2.19.b. Pemecah gelombang sisi tegak dari kaisan



Gambar 2.19.c. Pemecah gelombang campuran
(Sumber : Triatmodjo, 2011)

2.8.4. Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk menahan sedimen/pasir yang bergerak sepanjang pantai masuk dan mengendap di muara sungai. Selain itu, jetty juga dapat difungsikan sebagai pengendalian banjir pada penggunaan muara sungai sebagai alur pelayaran karena pengendapan di muara dapat mengganggu lalu lintas kapal. Untuk keperluan tersebut jetty harus panjang sampai ujungnya berada diluar gelombang pecah. Dengan jetty panjang transpor sedimen sepanjang pantai dapat tertahan, dan kondisi gelombang pada alur pelayaran adalah tidak pecah sehingga memungkinkan kapal masuk ke muara sungai.

2.8.5. Revetment

Dinding penahan pantai atau *revetment* adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, terutama berfungsi

sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring.

2.8.6. Dinding Pantai

Tembok laut berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap serangan gelombang dan untuk menahan terjadinya limpasan gelombang ke daratan di belakangnya. *Seawall* digunakan untuk melindungi daerah/pemukiman yang sudah sangat dekat dengan garis pantai.

2.8.7. Offshore Breakwater

Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang. Pemecah gelombang lepas pantai dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau satu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah.

Apabila garis puncak gelombang pecah sejajar dengan garis pantai asli, terjadi difraksi di daerah terlindung di belakang bangunan, dimana garis puncak gelombang membelok dan terbentuk busur lingkaran. Perambatan gelombang yang terdifraksi tersebut disertai dengan angkutan sedimen menuju ke daerah terlindung dan diendapkan di perairan di belakang bangunan. Pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya cuspate di belakang bangunan. Proses tersebut akan terus berlanjut sampai garis puncak gelombang terdifraksi. Pada keadaan tersebut, angkutan sedimen sepanjang pantai menjadi nol.

Ada dua tipe pemecah gelombang, yaitu:

1. *Overtopping breakwater*, yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan memperkenankan air melimpas di atas pemecah gelombang tersebut,

2. *Non Overtopping Breakwater*, yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan tidak memperkenankan air melimpas diatas pemecah gelombang. Dalam hal ini, tinggi mercu atau puncak pemecah gelombang harus direncanakan atau ditentukan berdasarkan *wave run-up* yang terjadi.

2.8.8. Groin

Groin adalah bangunan pengaman pantai yang dibuat tegak lurus garis pantai, berfungsi untuk menahan angkutan sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini juga digunakan untuk menahan masuknya angkutan sedimen sepanjang pelabuhan atau muara sungai. *Groin* biasanya terbuat dari baja, kayu, beton dan batu.

Jika pantai yang ditinjau merupakan kawasan untuk wisata, maka *groyne* yang tepat adalah dengan bahan kayu. *Groyne* kayu ini digunakan agar tetap bisa menjaga keindahan atau estetika dari kawasan wisata yang ditinjau. Perencanaan *groyne* kayu dapat dilaksanakan apabila diketahui beberapa faktor berikut:

- a. Panjang dan jarak antar *groyne*

Panjang *groyne* diperoleh berdasarkan lebar *surf zone* pada pantai. Horikawa (1978) menyarankan panjang *groyne* adalah antara 40% sampai 60 % dari lebar *surf zone* :

$$L_g = 0,4L_s \text{ sampai } 0,6 L_s \quad (2.57)$$

Dengan :

L_g : Panjang *groyne*

L_s : dLebar *surf zone*

Sedangkan jarak antar *groyne* didapat berdasarkan kondisi lapangan. Menurut Horikawa (1978) yang dikutip dalam buku Bambang Triatmojo 2011, jarak antar *groyne* X_g adalah antara satu dan tiga kali panjang *groyne*.

X_g : L_g sampai $3L_g$

Dengan X_g adalah jarak antar groin dan L_g adalah panjang groin.



Gambar 2.20. Groin Permeabel dari Kayu
(Sumber: Google Image)

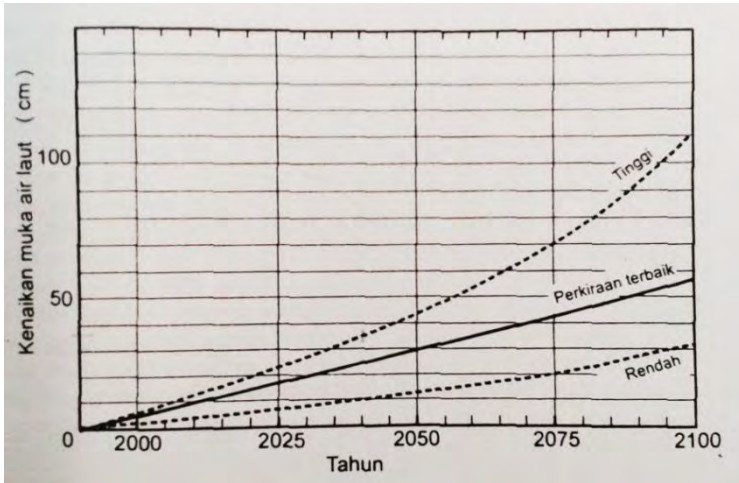
b. Elevasi puncak groin

Elevasi muka air tergantung pada pasang surut, *wave set up*, dan pemanasan global. *Wave set up* adalah kenaikan muka air akibat gelombang. *Wave set up* dapat dihitung dengan rumus :

$$S_w = 0,19 \times \left(1 - 2,82 \times \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) \times H_b \quad (2.58)$$

Pemanasan global adalah kenaikan muka air yang disebabkan oleh kenaikan suhu bumi dari tahun ke tahun. Kegiatan manusia yang meningkatkan jumlah gas rumah kaca di atmosfer dapat mengakibatkan naiknya suhu bumi. Peningkatan suhu bumi tersebut dapat menimbulkan dampak bagi kehidupan. Suhu yang lebih tinggi dan penguapan lebih besar mengakibatkan peningkatan tinggi permukaan laut yang disebabkan oleh pemuain air laut dan mencairnya gunung-gunung es di

kutub. Kenaikan muka air laut ini dapat dihitung dengan menggunakan grafik dibawah ini:



Gambar 2.21 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global
(Sumber : Triatmojo 2011)

2.8.9. Sand Nourishment

Erosi pantai bisa dilihat dari berkurangnya suplai pasir di pantai yang ditinjau. Stabilitas pantai dapat dilakukan dengan penambahan suplai pasir pada daerah yang mengalami erosi.

Di dalam merencanakan perlindungan pantai perlu diketahui karakteristik angkutan sedimen sepanjang pantai di daerah yang akan dilindungi dan pantai sekitarnya, memperkirakan volume suplai pasir yang akan diberikan, karakteristik material pantai, mengevaluasi dan mencari sumber material untuk pengisian awal pantai dan penambahan pasir secara berkala, mengukur elevasi dan lebar *berm* pantai serta kemiringan *foreshore*, dan menentukan lokasi penimbunan material di pantai.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk menggali teori-teori yang berkaitan dengan perencanaan perbaikan pantai. Adapun studi yang dilakukan antara lain :

- Kondisi eksisting daerah studi saat ini, yaitu Pantai Prigi, Trenggalek
- Gelombang, meliputi analisis mengenai pembangkitan gelombang, kecepatan dan panjang gelombang, gelombang rencana, serta tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan.
- Angkutan sedimen, meliputi analisis angkutan sedimen yang terjadi di pantai.
- Pengaman pantai, meliputi analisis mengenai bagaimana merencanakan pengaman pantai yang sesuai sehingga pantai terlindung dari kerusakan.

3.2. Tinjauan Lapangan

Tinjauan lapangan meliputi pengamatan kondisi dan permasalahan serta potensi yang ada di lapangan. Peninjauan ini diharapkan dapat memahami dan mengidentifikasi permasalahan yang ada di lapangan, mencari dan mencoba menyelesaikan penyebab utama permasalahan.

3.3. Pengumpulan Data Sekunder

Data primer yang dibutuhkan antara lain:

1. Peta Topografi dan Bathymetri daerah pantai Prigi, Trenggalek.
2. Data pasang surut pada perairan Pantai Prigi, Trenggalek.
3. Data Arus
4. Data Sedimen

Data sekunder yang dibutuhkan antara lain:

1. Data angin/gelombang
2. Data hidrooceanografi

3.4. Analisis Data

Dari data yang diperoleh dilakukan analisis mengenai perencanaan perbaikan pantai. Terlebih dahulu dilakukan beberapa analisis seperti dibawah ini yaitu :

3.4.1. Analisis Gelombang

Analisis gelombang pada laut dalam dihitung dengan menggunakan data angin. Gelombang rencana terpilih akan digunakan dalam perencanaan bangunan pengaman pantai dengan memperhitungkan transformasi gelombang yang terjadi.

3.4.2. Analisis Pasang Surut

Analisis pasang surut dilakukan untuk dapat menentukan fluktuasi muka air laut di perairan Pantai Prigi.

3.4.3. Analisis Bathimetri/Topografi

Analisis bathimetri/topografi dilakukan untuk dapat menentukan bagaimana keadaan topografi laut di perairan Pantai Prigi

3.4.4. Analisis Sedimen

Analisis data sedimen diperlukan untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen yang terjadi pada pantai.

3.4.5. Analisis Morfologi

Analisis morfologi pantai Prigi menggunakan analisis terhadap angkutan sedimen yang terjadi pada pantai yaitu *long-shore transport*. Analisis ini dapat digunakan untuk memprediksi perubahan garis pantai sehingga dapat diambil langkah-langkah sistem perlindungan pantai yang sesuai.

3.5. Penentuan Tipe Bangunan Pantai

Penentuan tipe bangunan pantai ini dilakukan dari hasil analisis morfologi pantai:

1. Alternatif dan tipe bangunan pantai

Alternatif bangunan pantai yang bisa dipilih yaitu :

- a. Dinding pantai dan revetment
- b. Groin
- c. Jetty
- d. Pemecah gelombang lepas pantai
- e. Penambahan suplai pasir di pantai (*sand nourishment*)

Tipe bangunan pantai menurut bentuknya yaitu bangunan sisi tegak, bangunan sisi miring dan tipe campuran.

2. Tata letak bangunan pantai, yaitu pada garis pantai, sejajar garis pantai, dan tegak lurus garis pantai.
3. Perhitungan gaya luar yang bekerja yaitu gaya gelombang, tekanan hidrostatik, berat sendiri konstruksi, dan gaya gempa.
4. Elevasi puncak bangunan
5. Perhitungan dimensi struktur

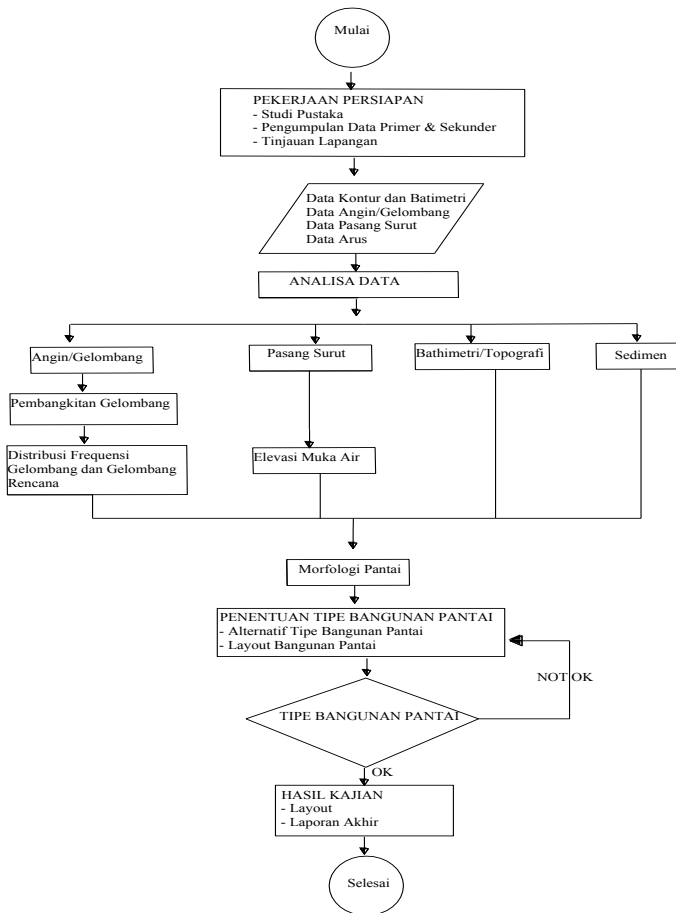
3.6. Tipe Bangunan Pantai

Tipe bangunan pantai yang telah dipilih untuk dikaji kesesuaiannya.

3.7. Hasil

Dari analisis yang dilakukan akan dihasilkan penyebab perubahan garis pantai dan bangunan pengaman pantai yang akan digunakan berupa gambar perencanaan dan laporan akhir.

Untuk lebih jelasnya, *flowchart* pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. *Flowchart* Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

3.8 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir

Penjadwalan pekerjaan Tugas Akhir ini untuk mengontrol progres pekerjaan setiap minggunya. Jadwal pekerjaan dapat dilihat pada gambar 3.2

Kegiatan	Minggu Ke-															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Survey Pendahuluan																
Pengumpulan Data																
Studi Literatur																
Analisis Angin/ Gelombang																
-Analisis Bangkitan Gelombang																
-Analisis Distribusi Frekuensi																
Analisis Pasang Surut																
-Analisis Elevasi Muka Air																
Analisis Bathimetri/Topografi																
Analisis Arus																
Analisis Sedimentasi																
Studi Morfologi																
Pemilihan Alternatif Bangunan Pantai																
Perencanaan Bangunan Pantai																
Penulisan Laporan																

Gambar 3.2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Umum

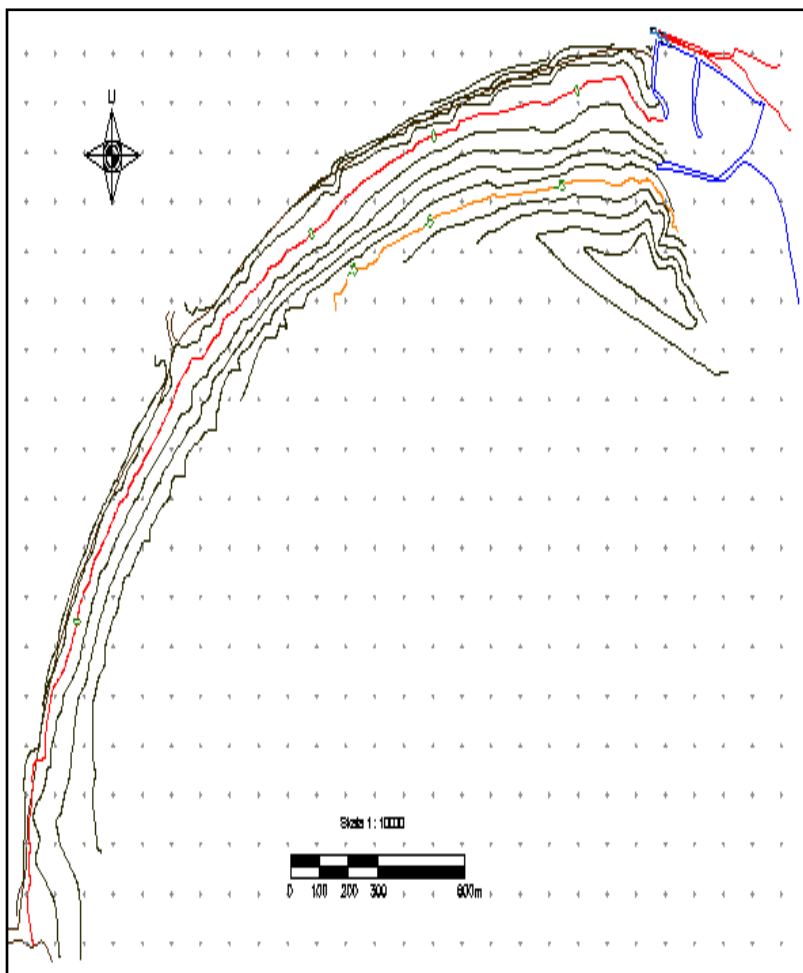
Pantai Prigi ini berada di pantai selatan Jawa, tepatnya di Teluk Prigi, Trenggalek, Jawa Timur yaitu di sebelah Barat Pelabuhan Perikanan Nasional Prigi (PPN Prigi). Dilakukan analisa kondisi pantai untuk dapat menentukan perlu tidaknya dibangun bangunan pengaman pantai.

Sebelum melakukan pemilihan dan perencanaan struktur bangunan pengaman pantai, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan dan analisa data. Data-data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari berbagai sumber yang telah melakukan survey di Trenggalek sebelumnya.

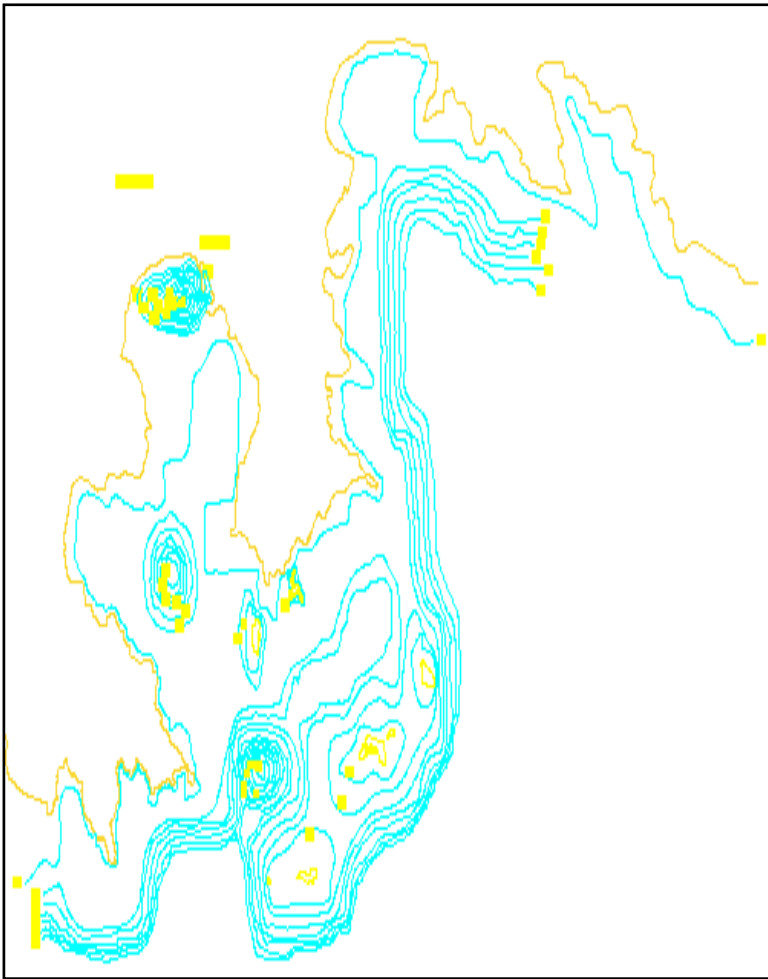
4.2. Data Bathimetri

Peta bathimetri dan topografi daerah Teluk Prigi secara detail dapat pada gambar 4.1. Sedangkan peta bathimetri yang lebih luas bisa dilihat pada gambar 4.2.

Peta topografi adalah gambaran bentuk permukaan tanah berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan yang ada di areal rencana. Sedangkan peta Bathimetri adalah gambaran mengenai formasi dasar laut. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa Pantai Prigi memiliki kemiringan yang cukup landai.



Gambar 4.1. Peta Topografi dan Bathimetri

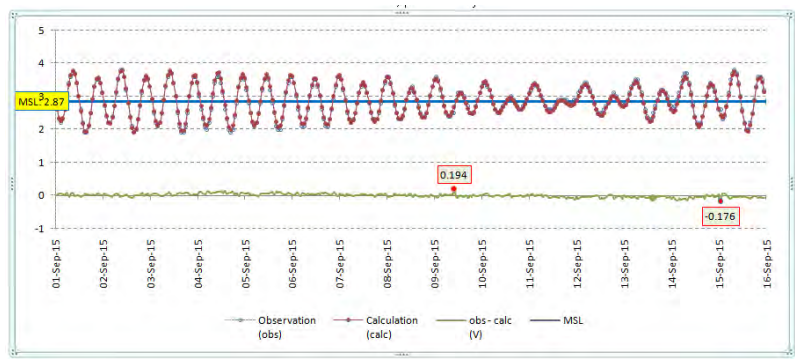


Gambar 4.2. Peta Bathimetri

4.3. Data Pasang Surut

Data pasang surut digunakan untuk kebutuhan perencanaan gaya horizontal, elevasi bangunan dan kedalaman bangunan. Data pasang surut dianalisis pada kondisi *spring tide*

dan *neap tide*. Gambar 4.3. grafik pasang surut perairan Pantai Prigi.



Gambar 4.3. Grafik Pasang Surut Perairan Pantai Prigi

Berdasarkan pada perhitungan analisa harmonik diperoleh nilai amplitudo (A) dan kelambatan fase (g^0) seperti dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Konstanta Harmonik pengamatan pasut

Nilai	Z0	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	286.78	59.97	29.5	11.06	4.49	16.34	10.03	9.76	0.81	0.41
g^0		93.15	18.31	340.38	355.78	252.03	234.25	24.58	258.39	185.53

Berdasarkan nilai konstanta harmonik tersebut dapat ditentukan jenis pasang surutnya berdasarkan bilangan Formzaal. Bilangan Formzaal, F yaitu perbandingan jumlah amplitudo komponen diurnal terhadap jumlah amplitudo komponen semi diurnal diperoleh :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = 0,29$$

Dari data hasil pengamatan didapatkan bahwa perilaku pasang surut pada perairan Teluk Prigi, Trenggalek memiliki tipe pasut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed, semidiurnal tides*) dengan nilai $F=0.29$.

Komponen pasang surut yang dihasilkan selain digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut pada sebuah perairan juga digunakan untuk mencari nilai MSL (*Mean Sea Level*), LLWL (*Lowest Low Water Level*), dan HHWL (*Highest High Water Level*), yang besarnya seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Parameter Fluktuasi Pasut Perairan Pantai Prigi

Parameter	Elevasi
HHWL	+416.87
MSL	+286.78
LLWL	+156.69

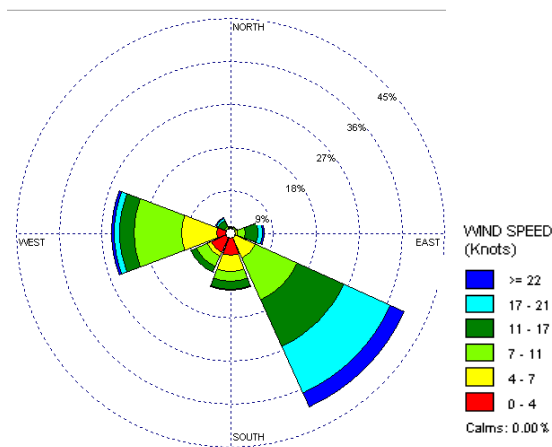
(Sumber : Hasil Analisis)

4.4. Data Angin

Komponen data angin mencakup distribusi arah dan kecepatan angin. Penyajian data angin diberikan dalam bentuk diagram *windrose* (Mawar Angin) agar karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat dan mudah. Kegunaan data angin diantaranya adalah:

- Mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin yang terjadi pada suatu daerah
- Perencanaan tipe dan letak bangunan pantai yang akan digunakan

Data angin yang didapat adalah data kecepatan angin setiap jam selama 5 tahun yaitu tahun 2010-2014. Gambar 4.4 adalah *windrose* dari data angin hasil pengolahan di Trenggalek tahun 2010-2014 dan Data angin ini kemudian digunakan untuk analisis gelombang dan analisa morfologi pantai.



Gambar 4.4. *Windrose* Kejadian Angin di Pantai Prigi, Trenggalek 2010-2014
(*Sumber: Hasil Analisis*)

Tabel 4.3. Frekuensi Kejadian Angin di Pantai Prigi2010-2014 dalam persen

Persentase Kejadian Angin dalam %									
Kecepatan	Arah Angin								Jumlah
	Utara	Timur laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat daya	Barat	Barat laut	
0-4	0.27	0.47	0.55	0.54	4.80	4.54	3.09	0.36	14.61
4-7	0.37	0.63	1.04	5.36	3.28	0.99	7.24	0.47	19.38
7-11	0.37	0.41	1.67	9.48	2.31	2.32	9.73	0.72	27.00
11-17	0.21	0.17	2.50	10.69	1.76	1.33	3.04	1.43	21.13
17-21	0.05	0.00	1.09	10.75	0.13	0.01	1.08	0.48	13.59
>=22	0.08	0.00	0.26	3.19	0.01	0.00	0.54	0.20	4.28
								Total	100.00

(*Sumber: Hasil Analisis*)

4.5. Analisis Gelombang

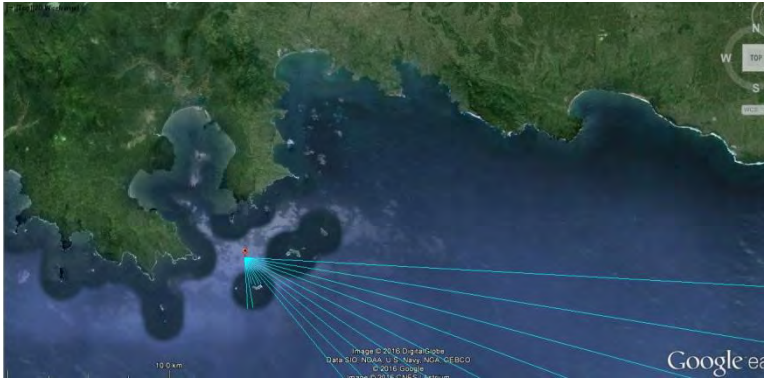
4.5.1. Panjang Fetch (Lintasan Angin)

Pantai Prigi berada di selatan pulau Jawa dengan garis pantai yang menghadap ke arah Tenggara. Arah angin yang berpengaruh pada pantai ini adalah arah Timur, Tenggara dan Selatan. Sedangkan arah lainnya tidak berpengaruh secara langsung, namun memungkinkan terjadi pembelokan ke arah Pantai Prigi dan mempengaruhi morfologi pantai.

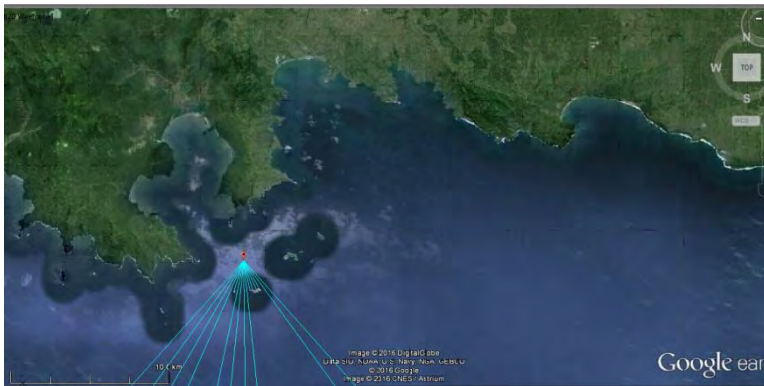
Perhitungan panjang fetch menggunakan media bantu Google Maps sehingga memiliki ketepatan yang cukup tinggi dalam menentukan fetch. Dengan ditarik garis panjang dari koordinat tinjauan yaitu pada 111.753677 BT dan 8.370763 LS, panjang fetch efektif dengan daerah bangkitan Timur, Tenggara dan Selatan dapat dilihat melalui Gambar 4.5 sampai 4.7. Perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Gambar 4.5. Fetch efektif arah Timur



Gambar 4.6. Fetch efektif arah Tenggara



Gambar 4.7. Fetch efektif arah Selatan

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan besarnya panjang fetch efektif.

1. Sesuai dengan Gambar 4.5 sampai Gambar 4.7, arah angin datang menjadi acuan 0° dan bertambah tiap 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari acuan 0° tiap arah angin. Tiap-tiap sudut yang bertambah dihitung panjangnya dari titik tinjau sampai panjang garis yang ditarik menemui daratan/ pulau. Sedangkan untuk garis yang mengarah ke laut lepas, maka panjang garis diasumsikan 200km.

2. Besarnya $\cos \alpha$ tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan 0° tiap arah angin.

- $\cos 0^\circ = 1,00$
- $\cos 6^\circ = 0,99$
- $\cos 12^\circ = 0,98$
- $\cos 18^\circ = 0,95$
- $\cos 24^\circ = 0,91$
- $\cos 30^\circ = 0,87$
- $\cos 36^\circ = 0,81$
- $\cos 42^\circ = 0,71$

Setelah itu semua nilai $\cos \alpha$ dijumlahkan = 13,51

3. Setelah didapatkan panjang garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomer 1, hasil dari tiap panjang garis yang ditarik tersebut kemudian dikalikan dengan nilai $\cos \alpha$.
4. Nilai yang didapatkan pada nomer 3 dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh.
5. Apabila sudah dihitung total dari $\sum x_i \cos \alpha$ tiap-tiap arah (Timur, Tenggara, dan Selatan) lalu dihitung panjang fetch efektifnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Fetch efektif} &= \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \\
 \text{Fetch efektif Timur} &= \frac{1348,69}{13,51} = 99,82 \text{ km} \\
 \text{Fetch efektif Tenggara} &= \frac{1967,14}{13,51} = 145,60 \text{ km} \\
 \text{Fetch efektif S} &= \frac{1778,93}{13,51} = 131,67 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4. Perhitungan Panjang Fetch Efektif

A	Cos α	Xi	Xi. Cos α	Xi	Xi. Cos α	Xi	Xi. Cos α
		Timur	Timur	Tenggara	Tenggara	Selatan	Selatan
42	0.74	16.12	11.98	200.00	148.63	200.00	148.63
36	0.81	16.41	13.27	200.00	161.80	200.00	161.80
30	0.87	17.09	14.80	200.00	173.21	1.86	1.61
24	0.91	18.36	16.77	200.00	182.71	1.89	1.73
18	0.95	4.88	4.64	200.00	190.21	1.81	1.72
12	0.98	31.01	30.33	200.00	195.63	1.87	1.83
6	0.99	2.50	2.49	200.00	198.90	200.00	198.90
0	1.00	3.32	3.32	200.00	200.00	200.00	200.00
6	0.99	200.00	198.90	200.00	198.90	200.00	198.90
12	0.98	200.00	195.63	1.89	1.85	200.00	195.63
18	0.95	200.00	190.21	1.84	1.75	1.92	1.82
24	0.91	200.00	182.71	1.79	1.63	200.00	182.71
30	0.87	200.00	173.21	1.70	1.48	200.00	173.21
36	0.81	200.00	161.80	200.00	161.80	200.00	161.80
42	0.74	200.00	148.63	200.00	148.63	200.00	148.63
Total	13.51	1509.68	1348.69	2207.23	1967.14	2009.35	1778.93
Fetch Efektif (Km)		99.82		145.60		131.67	

Sedangkan untuk arah yang tidak berpengaruh langsung, perhitungan panjang fetch efektif bisa dilihat dalam tabel 4.5

Tabel 4.5. Perhitungan Panjang Fetch Efektif Arah yang Tidak Berpengaruh Langsung

α	$\cos \alpha$	Xi	$Xi \cdot \cos \alpha$	Xi	$Xi \cdot \cos \alpha$	Xi	$Xi \cdot \cos \alpha$	Xi	$Xi \cdot \cos \alpha$	Xi	$Xi \cdot \cos \alpha$
		Utara	Utara	TL	TL	BD	BD	Barat	Barat	BL	BL
42	0.74	13.48	10.02	2.52	1.87	200.00	148.63	7.76	5.77	3.63	2.70
36	0.81	13.51	10.93	2.73	2.21	200.00	161.80	8.49	6.87	3.44	2.78
30	0.87	5.80	5.02	5.00	4.33	1.77	1.53	8.27	7.16	2.60	2.25
24	0.91	5.31	4.85	5.02	4.59	200.00	182.71	4.64	4.24	2.22	2.02
18	0.95	4.23	4.02	17.59	16.73	200.00	190.21	4.41	4.19	9.84	9.36
12	0.98	3.08	3.01	16.19	15.84	200.00	195.63	3.76	3.68	7.98	7.81
6	0.99	3.02	3.00	16.08	15.99	200.00	198.90	3.30	3.28	7.12	7.08
0	1.00	3.50	3.50	15.98	15.98	200.00	200.00	2.69	2.69	7.63	7.63
6	0.99	3.53	3.51	13.32	13.25	6.22	6.18	5.68	5.65	8.50	8.45
12	0.98	4.27	4.17	5.80	5.67	5.87	5.75	5.80	5.67	8.44	8.26
18	0.95	2.25	2.14	5.61	5.33	200.00	190.21	200.00	190.21	5.84	5.55
24	0.91	9.92	9.06	4.84	4.42	200.00	182.71	200.00	182.71	4.52	4.13
30	0.87	9.76	8.46	3.11	2.70	5.87	5.08	5.97	5.17	4.20	3.63
36	0.81	7.55	6.11	3.08	2.49	5.76	4.66	200.00	161.80	3.53	2.86
42	0.74	7.16	5.32	3.55	2.64	4.35	3.23	200.00	148.63	2.99	2.22
Total	13.51	96.38	83.14	65.83	114.04	1829.84	1677.24	860.77	737.73	82.47	76.74
Fetch Efektif (Km)		6.15	8.44	124.14		54.60		5.68			

4.5.2. Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2010-2014

Berdasarkan hasil perhitungan fetch dapat dilakukan perhitungan tinggi dan periode gelombang berdasarkan metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB) yang telah dimodifikasi Shore Protection Manual, 1984. Kecepatan angin yang digunakan

adalah kecepatan angin maksimum bulanan dengan arah angin yang berpengaruh adalah Timur, Tenggara, Selatan, Barat, dan Barat Daya.

Dalam perhitungan tinggi dan periode gelombang laut dalam diperlukan tambahan faktor koreksi terhadap kecepatan angin yang ada. Faktor koreksi yang digunakan adalah faktor koreksi akibat perbedaan suhu (R_T) dan faktor koreksi yang akibat perbedaan lokasi antara pencatatan angin di darat dan di laut (R_L). Faktor koreksi akibat perbedaan suhu (R_T) digunakan faktor koreksi sebesar 1 karena perbedaan suhu di darat dan laut tidak begitu besar untuk wilayah Indonesia selain karena pencatatan angin dilakukan di laut. Faktor koreksi akibat perbedaan lokasi antara pencatatan angin di darat dan di laut (R_L) dapat ditentukan melalui grafik faktor koreksi perbedaan lokasi dengan kecepatan angin di darat dan di laut seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Data angin yang digunakan adalah data kecepatan angin jam-jaman dari tahun 2010-2014.

Kemudian dari hasil perhitungan, tinggi gelombang yang terbentuk dikoreksi dengan *duration limited* agar hasil yang didapatkan sesuai dengan kondisi lapangan. Diasumsikan angin yang berhembus berdurasi 3,5 jam dan dilakukan perhitungan yang dikoreksi menggunakan *duration limited*.

Tabel 4.6 dibawah ini merupakan contoh perhitungan tinggi gelombang berdasarkan metode SMB,

Tabel 4.6. Perhitungan tinggi gelombang per bulan berdasarkan metode SMB

Tahun	Bulan	Arah	WindSpd		UA	t	Hm	Tm
			(knot)	(m/dt)	(m/dt)	(jam)	(m)	(dt)
2010	Jan	barat	16.06	8.25	9.52	3.5	1.14	7.90
	Feb	barat	6.27	3.22	2.99	3.5	0.18	3.41
	Mar	timur	7.45	3.83	3.70	3.5	0.34	4.48
	Apr	tenggara	4.91	2.52	2.22	3.5	0.12	4.28
	Mei	tenggara	4.45	2.29	1.96	3.5	0.10	4.11
	Jun	tenggara	3.98	2.05	1.71	3.5	0.07	3.93
	Jul	tenggara	3.54	1.82	1.48	3.5	0.05	3.74
	Agu	tenggara	3.09	1.59	1.25	3.5	0.04	3.54

	Sep	tenggara	2.65	1.36	1.04	3.5	0.03	3.32
	Okt	selatan	2.26	1.16	0.85	3.5	0.02	3.01
	Nov	selatan	1.88	0.97	0.68	3.5	0.01	2.79
	Des	selatan	1.59	0.82	0.55	3.5	0.01	2.61
2011	Jan	selatan	1.4	0.71	0.47	3.5	0.01	2.47
	Feb	barat daya	1.5	0.75	0.50	3.5	0.01	2.47
	Mar	barat	1.72	0.88	0.61	3.5	0.01	2.01
	Apr	barat	2.1	1.05	0.76	3.5	0.01	2.16
	Mei	barat	2.44	1.25	0.94	3.5	0.02	2.32
	Jun	barat	2.9	1.46	1.14	3.5	0.03	2.47
	Jul	barat	3.29	1.69	1.35	3.5	0.05	2.62
	Agu	barat	3.75	1.93	1.59	3.5	0.06	2.76
	Sep	barat	4.2	2.16	1.83	3.5	0.08	2.89
	Okt	barat	4.66	2.40	2.08	3.5	0.11	3.02
	Nov	barat	5.1	2.64	2.35	3.5	0.14	3.14
	Des	barat	5.6	2.88	2.61	3.5	0.17	3.26
2012	Jan	barat	14.81	7.61	8.62	3.5	1.03	7.15
	Feb	barat	8.41	4.32	4.30	3.5	0.51	3.57
	Mar	barat	12.55	6.45	7.03	3.5	0.84	5.84
	Apr	timur	12.36	6.35	6.90	3.5	1.11	5.73
	Mei	tenggara	13.02	6.69	7.36	3.5	1.44	6.11
	Jun	tenggara	12.27	6.31	6.84	3.5	1.33	5.68
	Jul	tenggara	13.04	6.70	7.37	3.5	1.44	6.12
	Agu	tenggara	12.41	6.38	6.94	3.5	1.35	5.76
	Sep	tenggara	11.92	6.13	6.60	3.5	1.29	5.48
	Okt	tenggara	11.78	6.05	6.51	3.5	1.05	6.13
	Nov	selatan	9.24	4.75	4.83	3.5	0.58	5.36
	Des	barat	8.22	4.23	4.18	3.5	0.50	3.47
2013	Jan	barat	16.77	8.62	10.04	3.5	1.20	8.34
	Feb	barat	11.08	5.70	6.03	3.5	0.72	5.01
	Mar	barat	8.6	4.42	4.42	3.5	0.53	3.67
	Apr	tenggara	10.47	5.38	5.63	3.5	0.79	5.84
	Mei	timur	10.92	5.61	5.93	3.5	0.96	4.92
	Jun	tenggara	10.08	5.18	5.37	3.5	0.72	5.75
	Jul	tenggara	13.3	6.84	7.55	3.5	1.47	6.27
	Agu	tenggara	13.18	6.77	7.47	3.5	1.46	6.20
	Sep	tenggara	12.41	6.38	6.94	3.5	1.35	5.76
	Okt	tenggara	11.68	6.00	6.44	3.5	1.03	6.10
	Nov	barat	10.35	5.32	5.55	3.5	0.66	4.60
	Des	barat	9.44	4.85	4.95	3.5	0.59	4.11
2014	Jan	barat	11.08	5.70	6.03	3.5	0.72	5.01

Feb	barat	12.37	6.36	6.91	3.5	0.83	5.73
Mar	tenggara	11.63	5.98	6.40	3.5	1.02	6.09
Apr	tenggara	7.59	3.90	3.79	3.5	0.36	5.12
Mei	tenggara	10.63	5.46	5.73	3.5	0.82	5.87
Jun	tenggara	13.24	6.81	7.51	3.5	1.46	6.23
Jul	tenggara	13.7	7.04	7.83	3.5	1.53	6.50
Agu	tenggara	14.85	7.63	8.65	3.5	1.69	7.18
Sep	tenggara	12.82	6.59	7.22	3.5	1.41	5.99
Okt	tenggara	11.4	5.86	6.25	3.5	0.97	6.04
Nov	selatan	9.94	5.11	5.28	3.5	0.69	5.53
Des	barat	9.56	4.91	5.03	3.5	0.60	4.18

Tabel 4.7. merupakan tinggi gelombang maksimum pertahun yang didapatkan dari perhitungan tinggi gelombang menggunakan metode SMB yang dikoreksi dengan *duration limited*. Selanjutnya periode ulang dari hasil perhitungan ini akan digunakan untuk perhitungan struktur bangunan pantai.

Tabel 4.7. Tinggi gelombang maksimum pertahun

Tahun	Bulan	Kec Max		Arah	tl	Hmo	Tm
		(knot)	(m/s)	Mata Angin	(hr)	(m)	(s)
2010	Jan	16.06	8.25	barat	6.06	1.14	7.90
2011	Des	5.6	2.88	barat	9.34	0.17	3.26
2012	Jul	13.04	6.70	tenggara	12.70	1.44	6.12
2013	Jul	13.3	6.84	tenggara	12.59	1.47	6.27
2014	Agu	14.85	7.63	tenggara	12.04	1.69	7.18

4.5.3. Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang

Bangunan pengaman pantai direncanakan untuk mampu menahan gaya gelombang yang bekerja sehingga dalam penentuan tinggi gelombang rencana didasarkan pada umur rencana bangunan pengaman pantai. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi ekstrim atau tinggi gelombang maksimum yang mungkin akan terjadi selama umur rencana. Untuk

mendapatkan suatu hasil yang mendekati akurat, umur rencana dibuat dalam beberapa alternatif.

Penentuan perilaku gelombang maksimum yang pernah terjadi serta interval kejadiannya merupakan dasar analisa selanjutnya. Analisa tersebut digunakan untuk menentukan tinggi gelombang yang berpengaruh pada bangunan pengaman pantai selama umur rencana yang telah ditetapkan yaitu untuk bangunan pengaman pantai Pantai Prigi ini direncanakan memiliki umur rencana 50 tahun. Perhitungan tinggi gelombang rencana ini menggunakan analisis statistik atau sering disebut dengan metode weibull dan fisher tippet type 1 berdasarkan frekuensi kejadian angin bertiup.

Tabel 4.8. Tinggi gelombang maksimum per tahun yang sudah diurutkan

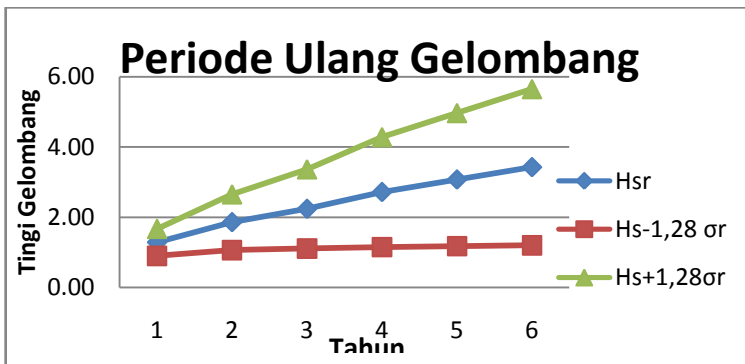
Tahun	Bulan	Kec Max		Arah	tl	Hmo	Tm
		(knot)	(m/s)	Mata Angin	(hr)	(m)	(s)
2014	Agu	14.85	7.63	Tenggara	12.04	1.69	7.18
2013	Jul	13.30	6.84	Tenggara	12.59	1.47	6.27
2012	Jul	13.04	6.70	Tenggara	12.70	1.44	6.12
2010	Jan	16.06	8.25	Barat	6.06	1.14	7.90
2011	Des	5.60	2.88	Barat	9.34	0.17	3.26

Tabel. 4.9. Perhitungan periode ulang (Metode FT-1)

m	Hsm	P	Ym	Hsm x Ym	Ym 2	(Hsm- Hsm') 2	Hsm'	Hsm- Hsm'
1	1.69	0.81	1.57	2.65	2.47	0.26	1.89	-0.21
2	1.47	0.62	0.73	1.07	0.53	0.09	1.47	0.01
3	1.44	0.42	0.15	0.21	0.02	0.07	1.17	0.26
4	1.14	0.23	-0.40	-0.45	0.16	0.00	0.90	0.24
5	0.17	0.03	-1.24	-0.21	1.54	1.02	0.47	-0.30
Tot al	5.90	2.11	0.81	3.28	4.72	1.43		

Tabel. 4.10. Gelombang dengan periode ulang tertentu
(Metode FT-1)

Periode ulang	Y_r	H_{sr}	σ_{nr}	σ_r	$H_s - 1,28\sigma_r$	$H_s + 1,28\sigma_r$
Tahun	Tahun	m			m	m
2	0.37	1.28	0.50	0.30	0.90	1.67
5	1.50	1.86	1.04	0.62	1.06	2.65
10	2.25	2.24	1.47	0.88	1.11	3.37
25	3.20	2.72	2.04	1.22	1.15	4.28
50	3.90	3.07	2.47	1.48	1.18	4.97
100	4.60	3.42	2.90	1.74	1.20	5.65



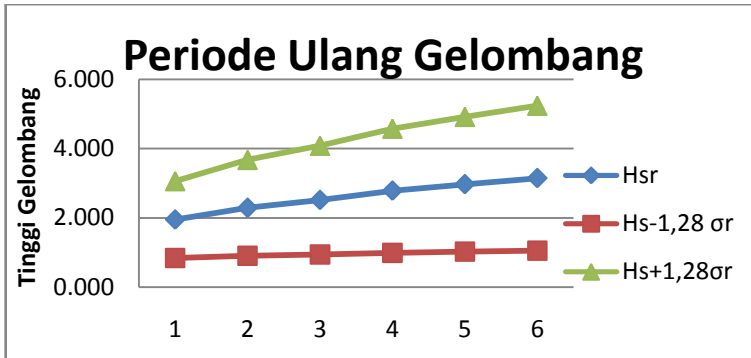
Gambar 4.8 Grafik tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu (Metode Fisher Tippett Type I)

Tabel.4.11. Perhitungan periode ulang (Metode Weibull)

m	Hsm	P	Ym	$\frac{Hsm \times Ym}{2}$	$\frac{Ym}{2}$	$\frac{(Hsm - Hsm')^2}{2}$	Hsm'	Hsm-Hsm'
1	1.69	0.89	1.47	2.49	2.18	0.26	1.90	-0.21
2	1.47	0.70	1.10	1.62	1.20	0.09	1.44	0.04
3	1.44	0.51	0.85	1.22	0.72	0.07	1.13	0.30
4	1.14	0.33	0.63	0.72	0.40	0.00	0.86	0.27
5	0.17	0.14	0.39	0.07	0.15	1.02	0.57	-0.40
Tot al	5.90	2.57	4.44	6.11	4.65	1.43		

Tabel. 4.12. Gelombang dengan periode ulang tertentu (Metode Weibull)

Periode ulang	Yr	Hsr	σ_{nr}	σ_r	Hs-1,28 σ_r	Hs+1,28 σ_r
Tahun	Tahun	m			m	m
2	1.517	1.952	1.447	0.866	0.843	3.061
5	1.794	2.291	1.807	1.082	0.906	3.676
10	1.978	2.516	2.048	1.227	0.946	4.086
25	2.197	2.785	2.339	1.400	0.993	4.578
50	2.350	2.972	2.541	1.522	1.024	4.920
100	2.493	3.147	2.732	1.636	1.053	5.241



Gambar 4.9 Grafik tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu(Metode Weibull)

4.5.4. Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Gelombang pecah dapat dihitung dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.12 - 2.13. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini dimana:

$$H_o = 2.972 \text{ m}$$

$$T = 7,18 \text{ detik}$$

$$\frac{H_o}{gT^2} = 0,0059 \text{ (dimasukan ke dalam grafik)}$$

Didapat dari grafik harga H_b/H_o adalah 1,150

Maka $H_b = H_o \times 1.150 = 3.42 \text{ m}$ (tinggi gelombang)

Kedalaman gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus dibawah ini dimana:

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0,068 \text{ (dimasukkan ke dalam grafik)}$$

Didapat dari grafik harga $d_b/H_b = 1,18$

Maka $d_b = H_b \times 1.18 = 4.03 \text{ m}$

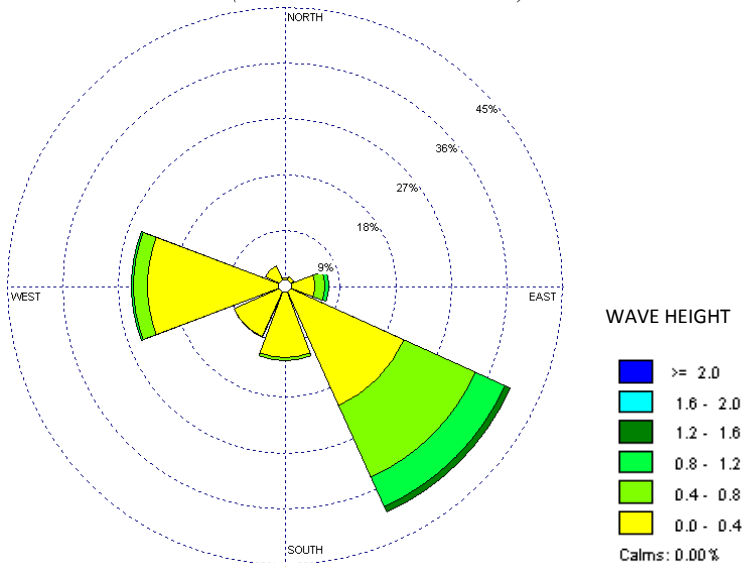
4.5.5. Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Frekuensi Kejadian Angin Pantai Prigi Trenggalek.

Perhitungan tinggi dan periode gelombang pada laut dalam berdasarkan data frekuensi rata-rata kejadian angin di Trenggalek adalah sama dengan perhitungan sebelumnya. Namun dalam perhitungan ini langsung digunakan *duration time* yang sudah dikoreksi dan grafik peramalan gelombang. Berbeda dengan tinggi dan periode gelombang pada laut dalam berdasarkan kecepatan angin maksimum pada tahun 2010 – 2014 yang bertujuan untuk menentukan tinggi gelombang maksimum selama umur rencana bangunan, pada sub bab ini bertujuan untuk merencanakan layout bangunan pengaman pantai yang efektif serta efisien berdasarkan tinggi gelombang serta besar frekuensi kejadian yang terjadi masing-masing arah pembangkit gelombang. Rekap hasil perhitungan tinggi gelombang berdasarkan data frekuensi kejadian angin di Pantai Prigi bisa dilihat pada tabel 4.13. Penyajian data gelombang diberikan dalam bentuk diagram *waverose* (Mawar Gelombang) agar karakteristik gelombang dapat dibaca dengan cepat dan mudah. Diagram *waverose* disajikan pada gambar 4.10.

Tabel 4.13 Frekuensi Kejadian Gelombang di Pantai Prigi
2010-2014 dalam persen

Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang (m)	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	1.37	1.68	4.91	21.15	11.53	9.04	22.2	3.66	75.54
0.4-0.8	0.00	0.00	1.61	12.60	0.51	0.15	2.28	0.00	17.14
0.8-1.2	0.00	0.00	0.59	5.21	0.01	0.00	0.44	0.00	6.24
1.2-1.6	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	0.02	0.00	1.05
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
≥ 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
								Total	100.

(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4.10. Wave Rose Frekuensi Tinggi Gelombang di Pantai Prigi tahun 2010-2014

4.6. Analisis Sedimen Transport Sepanjang Pantai

Analisis sedimen transport sepanjang pantai dilakukan guna mengetahui berapa besar pergerakan sedimen yang terjadi di sepanjang pantai. Dan besarnya sedimen transport ini bisa sebagai salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa besar perubahannya pada garis pantai.

Arah angin dominan dari tenggara

$$g = 9.81 \text{ m/s}$$

$$\rho g = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$H_b = 3.71 \text{ m}$$

$$\alpha = 87.476^\circ$$

$$d_b = 1.26 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \sqrt{g \times d_b} \\ &= \sqrt{9.81 \times 1.26} \\ &= 3.515 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$C_o = 11.198 \text{ (Dari hasil refraksi)}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha_b &= \frac{C_b}{C_o} \\ &= 0.3136 \end{aligned}$$

$$\alpha_b = 0.0055$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \\ &= 0.000161 \text{ tm/s/m} \\ &= 0.00161 \times 24 \times 3600 \\ &= 13.881 \text{ tm/hari/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{K}{(\rho_s - \rho)g(1 - n)} P_1 \\ &= 0.401 \times 13.881 \\ &= 5.57 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2031.6 \text{ m}^3/\text{thn} \end{aligned}$$

4.7. Analisis Morfologi Pantai

Analisis morfologi pantai dilakukan untuk mengetahui perubahan garis pantai yang akan terjadi 5 tahun ke depan dan sebagai pertimbangan pemilihan bangunan pengaman pantai yang akan digunakan pada Pantai Prigi, Trenggalek jika memang dirasa dibutuhkan. Perhitungan morfologi pada tugas akhir ini menggunakan *one line model*. Pada gambar 4.11 bisa dilihat kondisi awal pada pantai sebelum dilakukan analisis morfologi.

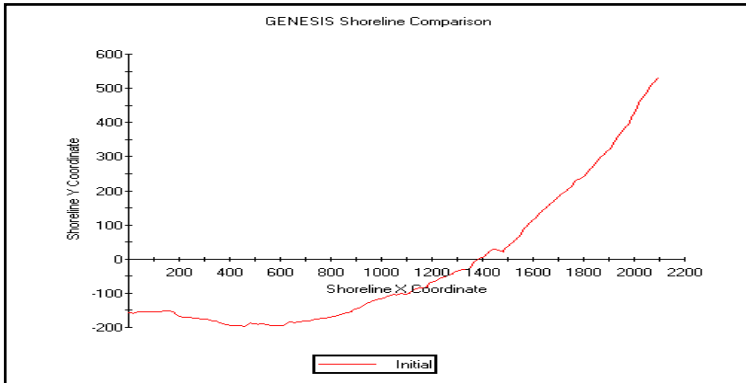


Gambar 4.11. Kondisi Eksisting Pantai

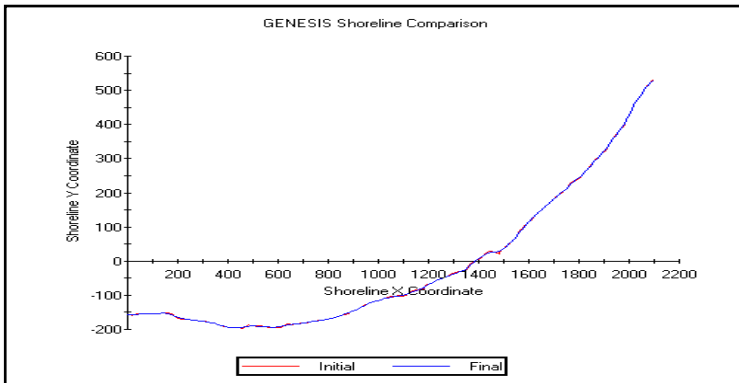
Pada gambar 4.11 dapat diketahui jika warna biru merupakan daerah lautan (perairan) dan warna hijau menunjukkan daerah daratan. Sebelah kanan yaitu hulu pantai dan sebelah ujung kiri adalah hilir pantai.

Indonesia memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan penghujan. Musim di Indonesia ini dipengaruhi oleh angin muson barat dan timur. Angin muson barat menyebabkan musim penghujan di Indonesia, biasanya terjadi pada bulan Oktober hingga April. Sedangkan angin muson timur menyebabkan musim kemarau di Indonesia yang biasanya terjadi pada bulan

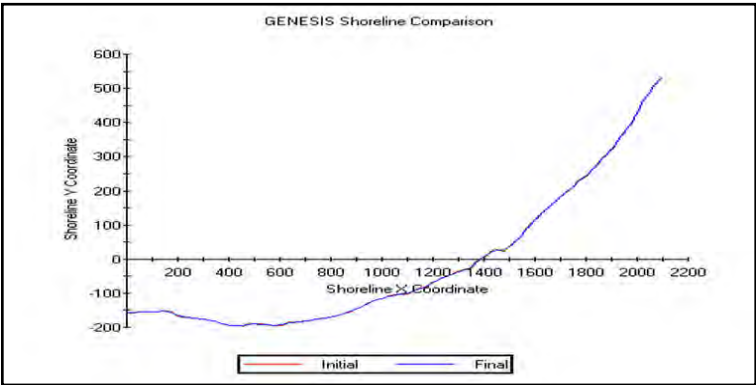
April hingga Oktober. Perubahan arah angin ini memberikan pengaruh pada sedimen transport yang terjadi pada Pantai Prigi. Grafik perubahan garis pantai pada Pantai Prigi setiap musimnya dalam 5 tahun bisa dilihat pada gambar 4.12-4.22



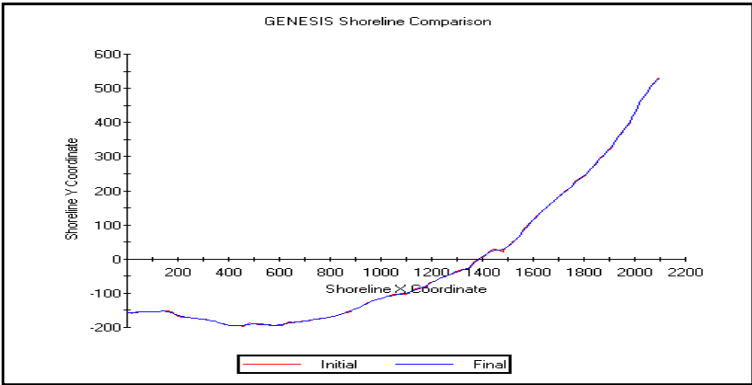
Gambar 4.12 Grafik Kondisi Awal Pantai



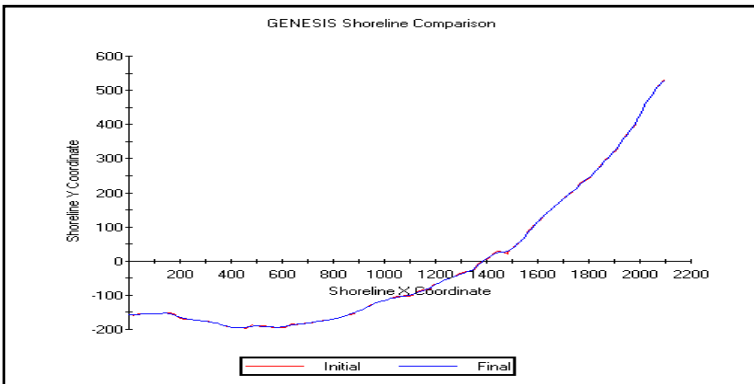
Gambar 4.13 Grafik Perubahan Garis Pantai April 2010



Gambar 4.14 Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2010

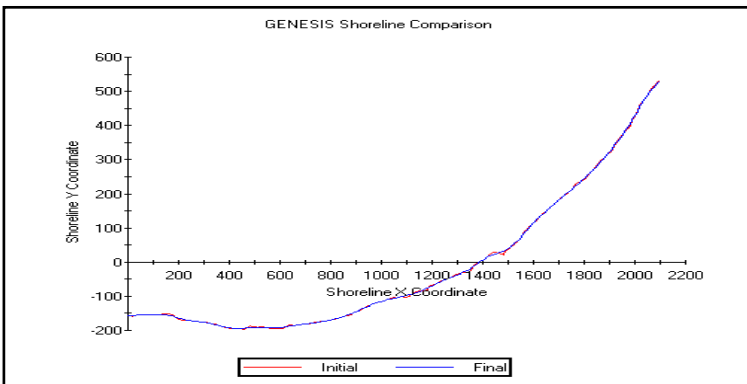


Gambar 4.15 Grafik Perubahan Garis Pantai April 2011

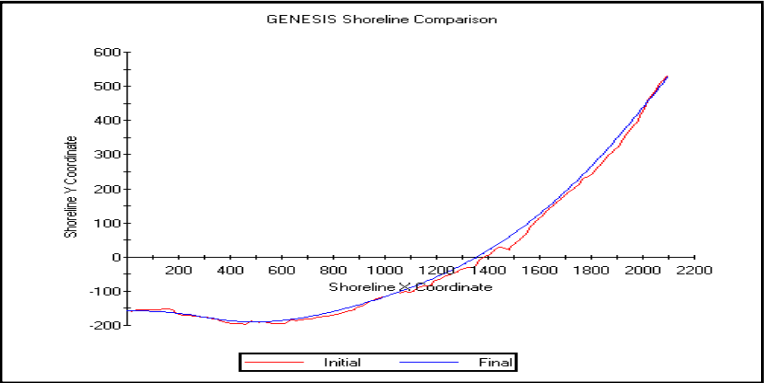


Gambar 4.16 Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2011

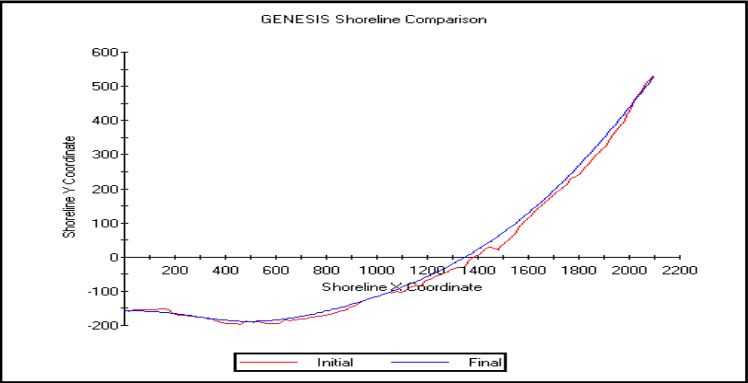
Dari gambar 4.13 sampai dengan gambar 4.16 dapat dikatakan bahwa selama 4 musim pantai yang ditinjau tidak mengalami banyak perubahan garis pantai.



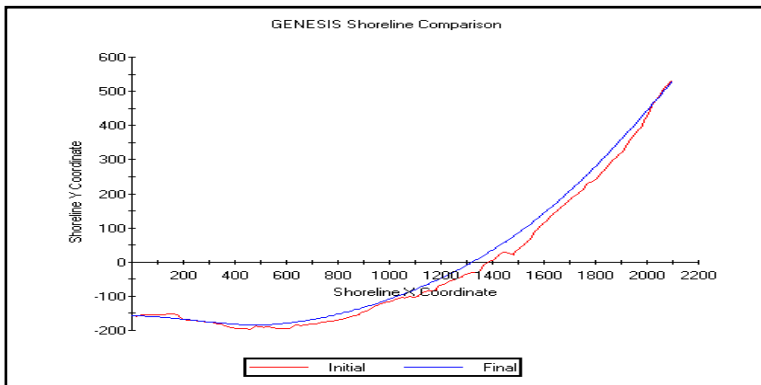
Gambar 4.17 Grafik Perubahan Garis Pantai April 2012



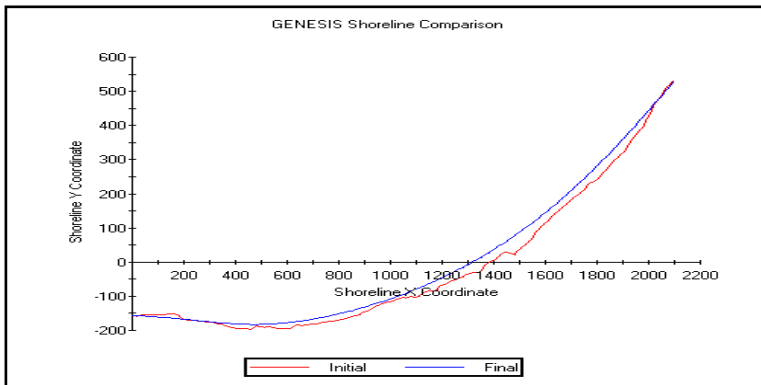
Gambar 4.18 Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2012



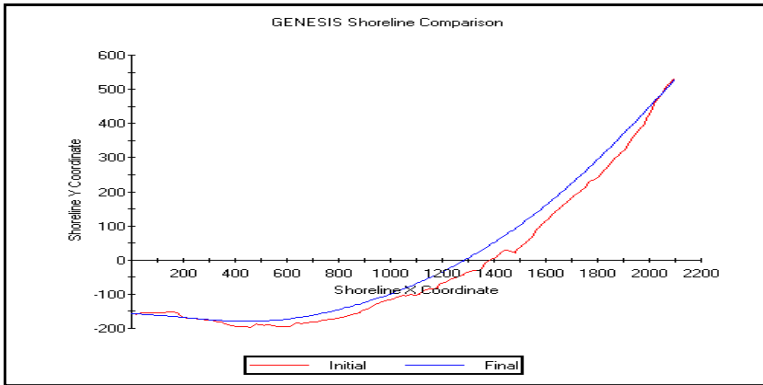
Gambar 4.19 Grafik Perubahan Garis Pantai April 2013



Gambar 4.20 Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2013



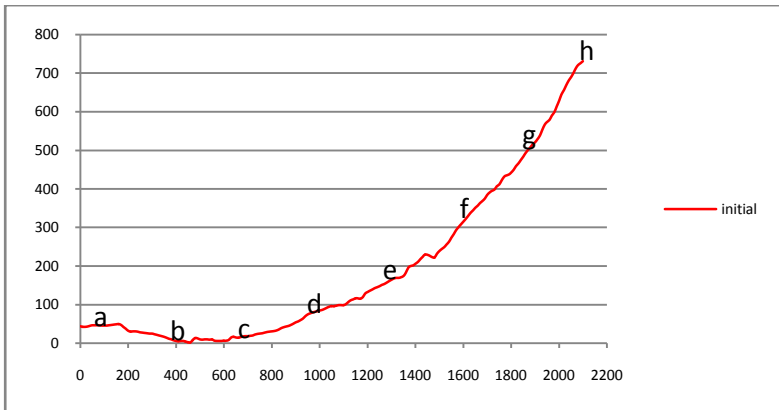
Gambar 4.21 Grafik Perubahan Garis Pantai April 2014



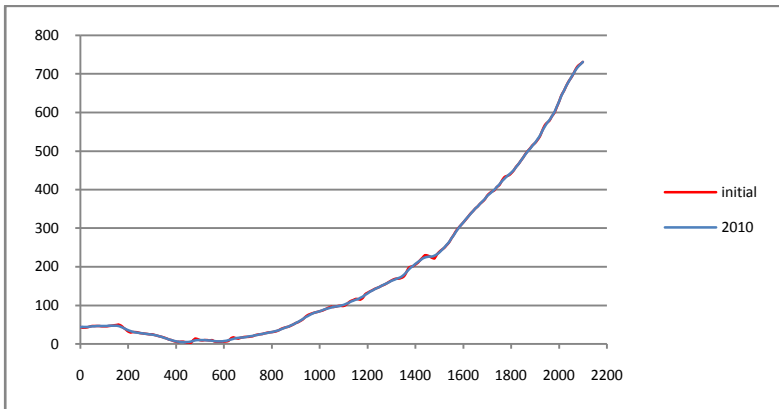
Gambar 4.22 Grafik Perubahan Garis Pantai Oktober 2014

Dari gambar 4.17 sampai dengan gambar 4.22 bisa dilihat jika Pantai Prigi pada tahun 2012 perubahan garis pantai pada Pantai Prigi mulai terlihat. Hal ini bisa dilihat dari gambar 4.17. Pada bulan Oktober 2012 Pantai Prigi mengalami perubahan garis pantai yang cukup besar ditunjukkan oleh gambar 4.18. Pada musim berikutnya yaitu tahun 2013 hingga 2014 bisa diketahui jika perubahan yang terjadi tidak begitu besar.

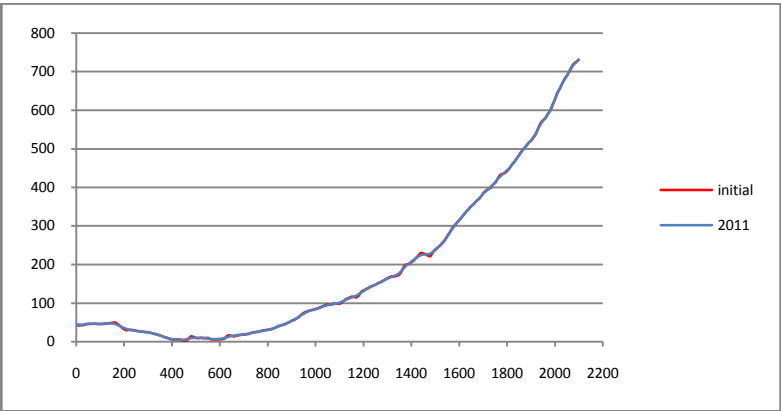
Untuk memudahkan dalam mengetahui laju sedimen, maka disajikan grafik perubahan garis pantai pada kawasan wisata Pantai Prigi setiap tahunnya dalam 5 tahun.



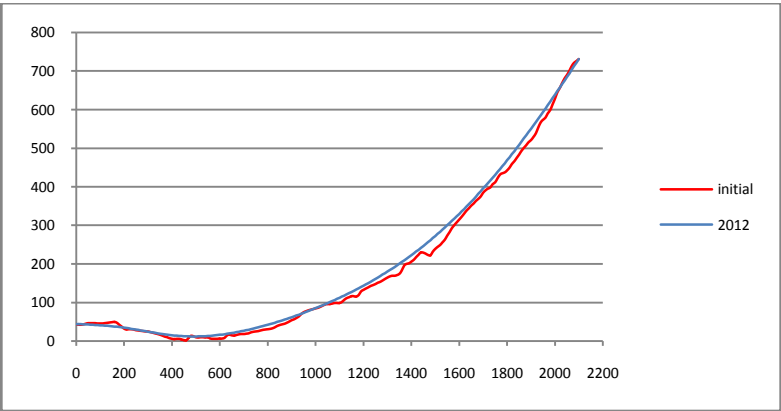
Gambar 4.23 Grafik Kondisi Awal dengan Titik Tinjau



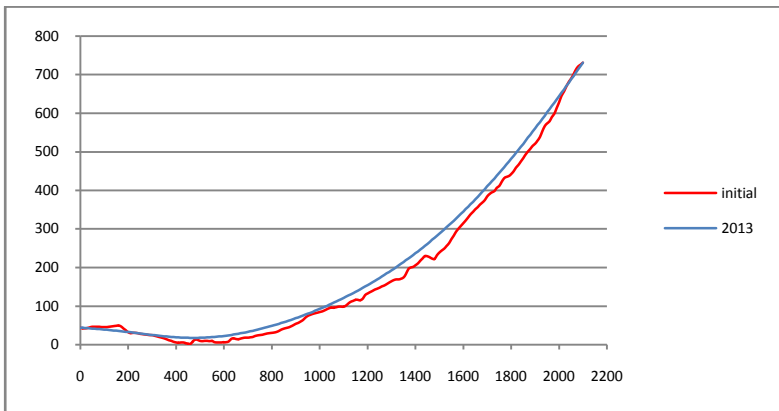
Gambar 4.24 Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2010



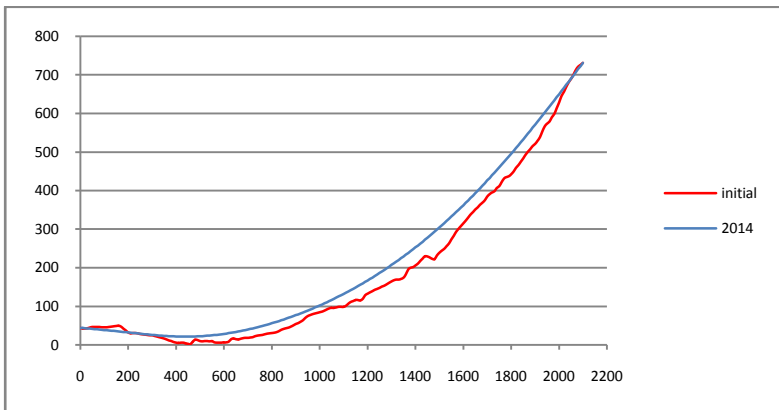
Gambar 4.25 Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2011



Gambar 4.26 Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2012



Gambar 4.27 Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2013



Gambar 4.28 Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2014

Dari gambar 4.23 merupakan kondisi awal dengan titik tinjau setiap 300 m. Dari gambar 4.24 hingga gambar 4.26 bisa

disimpulkan bahwa pada tahun awal tahun 2010 hingga pada awal tahun 2012 tidak terjadi perubahan garis pantai yang terlalu besar. Pada awal tahun 2012 hingga awal tahun 2013 Pantai Prigi mengalami garis pantai yang besar. Dari gambar 4.27 sampai dengan 4.28 dapat disimpulkan bahwa awal tahun 2013 sampai dengan akhir tahun 2014 garis pantai kawasan wisata Prigi tidak mengalami banyak perubahan. Untuk memudahkan maka dilakukan analisa pada beberapa titik yang ditunjukkan pada gambar 4.23 dan disajikan dalam tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14. Perubahan Garis Pantai Per Tahun dalam 5 Tahun

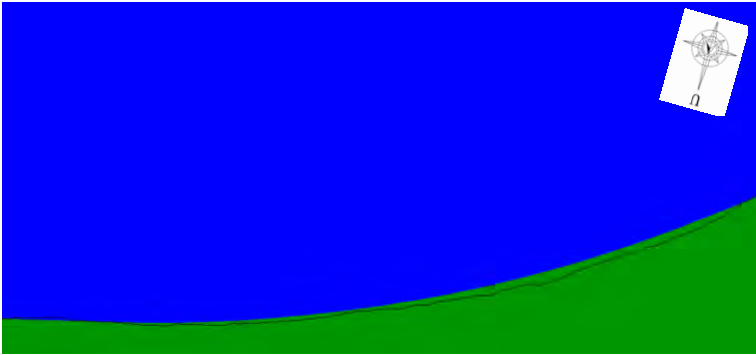
Tahun	Perubahan Garis Pantai pada Titik Tinjau (m)							
	a	b	c	d	e	f	g	h
2010	0.5	0.77	-0.41	0.29	-0.62	-0.28	-0.89	-0.82
2011	0.5	0.77	-0.41	0.29	-0.62	-0.28	-0.89	-0.82
2012	-4.51	8.37	7.16	-0.1	15.16	15.53	26.33	-4.3
2013	-6.17	12.18	13.69	7.38	27.86	31.24	37.17	-3.69
2014	-6.81	14.70	20.21	16.69	41.93	47.91	47.82	-3.13

Keterangan :

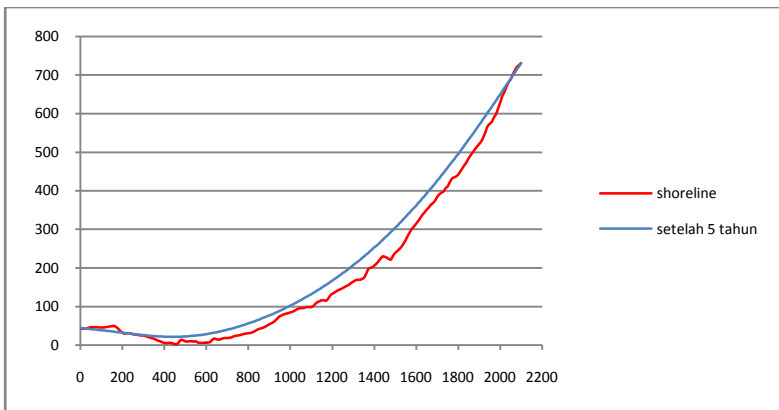
Negatif (-) = Erosi
Positif (+) = Sedimentasi

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa pada beberapa titik yang ditinjau mengalami erosi dan sedimentasi pada setiap tahunnya. Pada akhir tinjauan dapat dilihat bahwa pada titik a (hilir) dan titik h (hulu) mengalami erosi. Sedangkan pada pantai bagian tengah cenderung mengalami sedimentasi.

Data yang digunakan dalam permodelan ini adalah data tinggi gelombang signifikan jam-jaman selama 5 tahun yang telah mengalami refraksi. Setelah melakukan permodelan dengan kurun waktu 5 tahun maka hasil yang diperoleh seperti pada gambar 4.29 dan 4.30.



Gambar 4.29. Perubahan garis pantai 5 tahun ke depan tanpa ada bangunan pelindung pantai



Gambar 4.30. Grafik perubahan garis pantai

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PEMILIHAN JENIS BANGUNAN PENGAMAN PANTAI

5.1. Umum

Perlindungan pantai dapat ditimbulkan secara alami oleh pantai maupun dengan bantuan manusia. Perlindungan pantai secara alami dapat ditimbulkan oleh *dunes* maupun karang laut yang tumbuh secara alami. Perlindungan pantai dengan bantuan manusia dapat berupa struktur bangunan pengaman pantai, penambahan pasir, maupun penanaman mangrove pada daerah pantai.

Secara alami pantai telah mempunyai perlindungan alami, tetapi seiring perkembangan waktu, garis pantai selalu berubah. Perubahan garis pantai terjadi akibat interaksi antara gelombang laut dan daratan sehingga pantai membuat keseimbangan baru.

Berdasarkan perkembangan dari tahun ke tahun dan melalui analisis morfologi pada bab IV terlihat bahwa wilayah Pantai Prigi telah terjadi perubahan garis pantai ke arah daratan pada dua tahun terakhir. Dapat dikatakan pada daerah sekitar pantai ini telah terjadi erosi akibat pengaruh gelombang. Dalam pemilihan alternatif bangunan pantai yang akan diambil untuk menanggulangi masalah tersebut perlu dipertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi erosi pada wilayah pantai dan tujuan yang akan dicapai serta pengaruh terhadap lingkungan.

Mengingat bahwa wilayah pantai ini dimanfaatkan penduduk untuk daerah wisata, maka metode perlindungan daerah sekitar muara pantai yang dipilih harus dapat segera menghentikan erosi namun tetap bisa menjaga estetika pantai.

5.2. Pemilihan Jenis Bangunan Pengaman Pantai

5.2.1. Groin

Groin adalah bangunan pengaman pantai yang dibuat tegak lurus garis pantai, berfungsi untuk menahan angkutan sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi.

Dari analisis sebelumnya, terdapat *longshore transport* pada Pantai Prigi yang relatif berpengaruh terhadap morfologi pantai. Oleh karena itu, bangunan groin disarankan untuk dibangun di pantai tersebut.

Jika melihat pemanfaatan Pantai Prigi sebagai kawasan wisata, maka pembangunan struktur groin akan mengurangi nilai estetika kawasan wisata ini. Untuk menjaga nilai estetika, groin yang dibangun di Pantai Prigi tidak menggunakan struktur batu, namun menggunakan kayu pohon kelapa yang disusun secara permeable sehingga sedimen tidak bisa berpindah.

5.2.1.1 Dimensi Groin

Penentuan dimensi groin meliputi panjang groin dan lebar elevasi puncak groin.

a. Panjang dan jarak antar groin

Panjang groin akan efektif menahan sedimen apabila bangunan tersebut menutup lebar surfzone. Namun keadaan tersebut dapat mengakibatkan suplai ke daerah hilir terhenti sehingga dapat mengakibatkan erosi di daerah tersebut. Oleh karenanya, panjang groin dibuat 40% sampai dengan 60% dari lebar *surfzone* dan jarak antar groin adalah 1-3 kali panjang groin

Pada analisa bab IV diperoleh kedalaman gelombang pecah (db) adalah 4,03 m sedangkan kemiringan dasar pantai adalah 0,03 maka lebar surfzone yang diperoleh yaitu:

$$\text{Kedalaman gelombang pecah (db)} = 4,03 \text{ m}$$

$$\text{Lebar surfzone (Ls)} = 114 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Groyn (Lg)} &= (40\% - 60\%) \times \text{lebar surfzone} \\ &= 40\% \times 114 = 46 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak antar groyn digunakan 1 x Lg. Penentuan panjang groyn didasarkan atas pertimbangan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar groyn (Xg)} &= 1 \times Lg \\ &= 46 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Elevasi puncak groyn

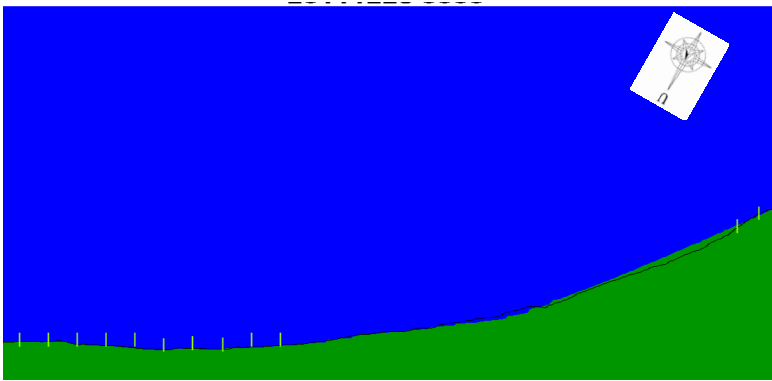
Pada perencanaan ini elevasi muka air dihitung dengan mempertimbangkan parameter seperti pasang surut, *wave set up* dan pemanasan global. Elevasi pasang surut didapat dari data pasang surut yaitu MHWL 2,31 m. *Wave set up* gelombang di perhitungkan dengan menggunakan persamaan (2.58) dengan tinggi gelombang pada bangunan 3,42 m dan periode gelombang 7,18 detik maka didapat $Sw = 0,498 \text{ m}$. Kenaikan muka air akibat pemanasan global dapat dihitung melalui gambar 2.20 maka didapat kenaikan muka air pada tahun 2040 yaitu sebesar 0,37. Untuk menjaga agar tidak terjadi *over topping* maka elevasi di tambah dengan tinggi jagaan sebesar 0.5 m.

$$DWL = MHWL + Sw + SLR + \text{tinggi jagaan}$$

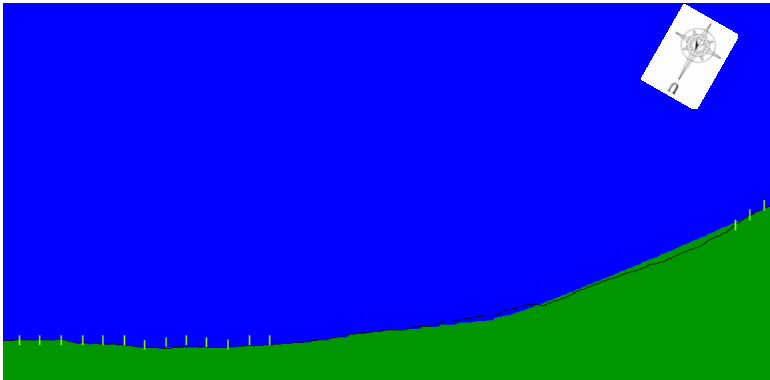
$$= 2,31 + 0,498 + 0,37 + 0,5$$

$$= 3,678 \text{ m}$$

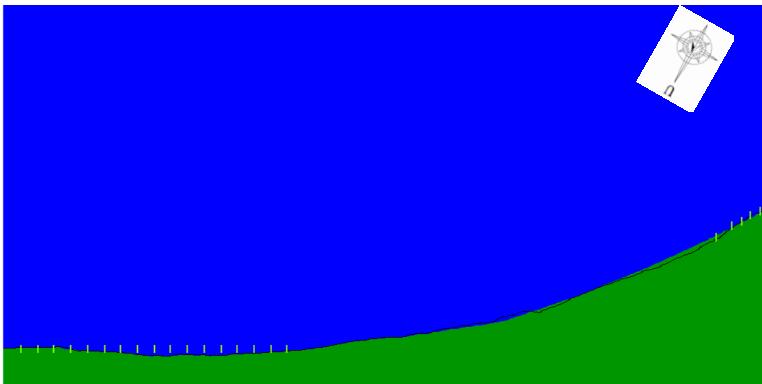
Sebagai perbandingan, pemasangan groin dengan beberapa panjang dimensi groin pada daerah yang tererosi bisa dilihat pada gambar 5.1 hingga gambar 5.3.



Gambar 5.1 Perubahan Garis Pantai Akibat Pemasangan Groin Panjang 79 m, jarak antar groin 79 m



Gambar 5.2 Perubahan Garis Pantai Akibat Pemasangan Groyne Panjang 57 m, jarak antar groyne 57m



Gambar 5.3 Perubahan Garis Pantai Akibat Pemasangan Groyne Panjang 46 meter, jarak antar groyne 46 m

Jika diperhatikan dari gambar 5.1 sampai dengan gambar 5.3 maka bisa dilihat bahwa dimensi groyne optimum adalah dengan panjang 46m dengan jarak 1Lg. Pada bagian hilir

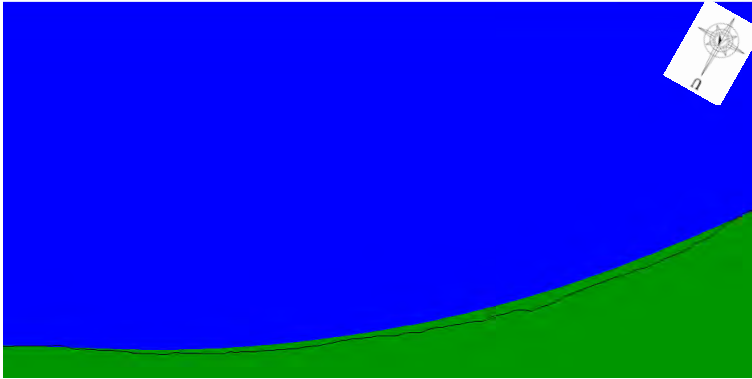
dipasang groin transisi. Ternyata dengan groin sepanjang 46 m ini masih terdapat erosi di sekitar pantai meskipun dalam jumlah kecil. Hal ini dimungkinkan terjadi karena gaya gelombang datang dari arah selatan, tenggara atau barat daya lebih besar bila dibandingkan dengan pergerakan sedimen sepanjang pantai.

5.2.2. Sand Nourishment

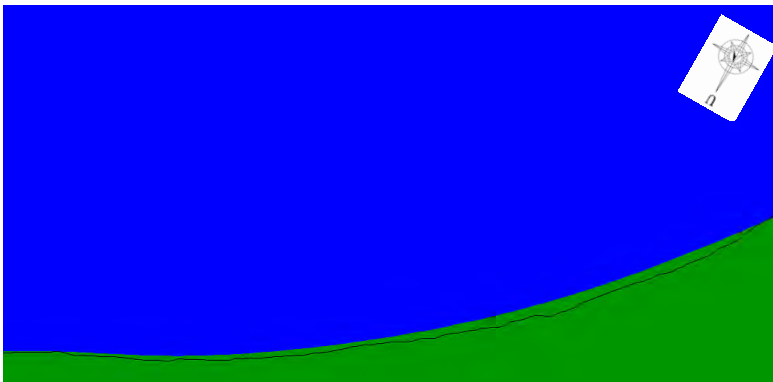
Sand Nourishment adalah upaya untuk menambah suplai pasir ke daerah yang terkena erosi. Di bagian hulu dari pantai terdapat sungai yang membawa sedimen, jadi di anggap ini merupakan salah satu bentuk sand nourishment pada Pantai Prigi. Pada gambar 5.4 sampai dengan gambar 5.6 menunjukkan perubahan garis pantai berdasarkan jumlah suplai pasir yang ditambahkan.



Gambar 5.4 Perubahan Garis Pantai Akibat penambahan Pasir sebesar 15.000m³/tahun



Gambar 5.5 Perubahan Garis Pantai Akibat penambahan Pasir sebesar 20.000m³/tahun



Gambar 5.6 Perubahan Garis Pantai Akibat penambahan Pasir sebesar 25.000m³/tahun

Jika dilihat pada gambar 5.4 sampai dengan gambar 5.6 maka suplai pasir yang ditambahkan agar mampu menjadikan pantai kembali stabil tanpa terjadi erosi adalah sebesar 25.000 m³/tahun.

5.3. Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Terpilih

Dari beberapa alternatif perlindungan pantai yang telah dijelaskan di atas akan dipilih solusi yang diambil untuk menanggulangi erosi yang terjadi pada daerah di kawasan wisata Pantai Prigi, Trenggalek.

Jika saat ini terus terjadi erosi di pantai tersebut maka diperlukan penanganan yang segera untuk mencegah erosi yang lebih parah. Pemilihan alternatif bangunan didasarkan pada pertimbangan kemungkinan mundurnya garis pantai 5 tahun mendatang. Prioritas yang akan dipertimbangkan terlebih dahulu dalam pemilihan adalah alternatif tersebut dapat melindungi pantai dari erosi yang diakibatkan oleh *longshore transport* maupun *onshore-offshore transport*, dapat mengatasi erosi pada Pantai Prigi Trenggalek akibat hantaman gelombang yang besar.

Setelah melihat beberapa alternatif diatas maka pada dasarnya kedua alternatif bisa diambil. Jika ingin menggunakan struktur groin maka harus menggunakan kombinasi antara pemasangan groin dengan penambahan suplai pasir secara parsial untuk masing - masing jarak antar groin. Pemilihan groin dengan bentuk T bisa juga digunakan sebagai salah satu alternatif. Hanya saja dalam permodelan ini hanya bisa menggunakan groin dalam bentuk lurus. Sedangkan penambahan suplai pasir atau Sand Nourishment mungkin bisa menjadi alternatif yang lebih baik untuk dipilih.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari seluruh rangkaian proses pengamatan sampai dengan analisis dapat disimpulkan beberapa hal penting berkaitan dengan analisa morfologi perubahan garis pantai pada Pantai Prigi, antara lain adalah:

1. Dari hasil analisa pasang surut maka didapatkan :

HHWL = +416.87

MSL = +286.78

LLWL = +156.69

Dari hasil pembangkitan gelombang berdasarkan data angin selama 5 tahun gelombang dominan berasal dari arah tenggara dengan tinggi gelombang dilaut dalam sebesar 1,69m dengan periode 7,18 det.

2. Mundurnya garis pantai di Pantai Prigi, Trenggalek disebabkan oleh *onshore-offshore transport*, yang lebih tinggi jika dibanding *longshore transport sediment* yang terjadi. Sedimen transport yang terjadi selama 5 tahun pada beberapa titik adalah sebesar:

Titik :

a = - 6,18 m

b = 12,18 m

c = 13,69 m

d = 7,38 m

e = 27,86 m

f = 31,24 m

g = 37,17 m

h = -3,69 m

3. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh :

- a. Perencanaan groin paling optimal dengan masing-masing pembentuk alternatifnya sebagai berikut:

a. Panjang groin = 46 m

b. Jarak antar groin = 46 m

- c. Elevasi puncak groin = 3,678 m
- b. Penambahan suplai pasir yang dibutuhkan untuk membuat Pantai Prigi tetap stabil adalah sebesar 25.000 m³/thn.

Setelah dilakukan perbandingan antara struktur groin dan Sand Nourishment, diperoleh bahwa penyelesaian yang tepat untuk mengatasi kemunduran garis pantai di Pantai Prigi adalah penambahan Sand Nourishment.

Sand Nourishment dipilih untuk pengaman pantai di Pantai Prigi karena:

- a. Dapat mengatasi erosi di bagian hilir pantai sehingga kawasan wisata dapat dilindungi
- b. Tidak mengurangi nilai estetika dari kawasan wisata Prigi.
- c. Lebih efektif apabila dibandingkan dengan groin di sepanjang pantai karena *longshore transport sediment* yang terjadi tidak besar..
- d. Pelaksanaan lebih mudah.

6.2. **Saran**

- 1. Sebagai alternatif pemecahan masalah kerusakan pantai di Pantai Prigi, Trenggalek.
- 2. Diharapkan dapat digunakan untuk perencanaan bangunan pengaman pantai pada Pantai Prigi setelah terlebih dahulu dihitung keefektifitasannya berdasarkan biaya pembangunan untuk mengetahui alternatif yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

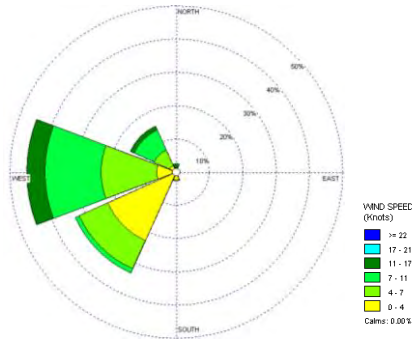
- CERC. 1984. **Shore Protection Manual**. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington
- Hariyadi. 2011. **Analisis Perubahan Garis Pantai selama 10 Tahun menggunakan CEDAS (Coastal Engineering Design and Analisis System) di Perairan Teluk Awur**. Universitas Diponegoro. Semarang
- Pratikto, Widi Agus. 1996. **Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut**. BPFE, Yogyakarta
- Rudolf, Faustinus. 2014. **Modul Nemos dan Cedas**.
Dipublikasikan di
<https://id.scribd.com/doc/228149793/Modul-Nemos-Dan-Cedas> diakses pada tanggal 12 April 2016, pukul 22.30 WIB.
- Sorensen, Robert M. 2002. **Basic Coastal Engineering**.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. **Teknik Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. 2011. **Perencanaan Bangunan Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta
- www.earth.google.com
- www.google.co.id
- www.wikipedia.go.id/wiki/Kota_Trenggalek

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

WINDROSE BULAN JANUARI

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	39	15	20	9	88	838	224	84
0.4-0.8	11	0	0	0	16	346	612	188
0.8-1.2	15	0	0	0	0	53	627	246
1.2-1.6	35	0	0	0	0	0	203	46
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	100	15	20	9	104	1237	1666	564
Total	3715							

Tabel persentase kejadian angin

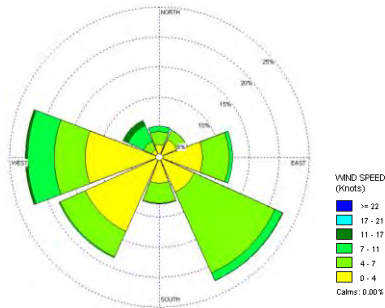
Persentase Kejadian Gelombang dan Arah									Jumlah
Tinggi Gelombang	Arah								
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	1.05	0.40	0.54	0.24	2.37	22.56	6.03	2.26	35.45
0.4-0.8	0.30	0.00	0.00	0.00	0.43	9.31	16.47	5.06	31.57
0.8-1.2	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	16.88	6.62	25.33
1.2-1.6	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.46	1.24	7.64
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
								Total	100.00

WINDROSE BULAN FEBRUARI

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014

WINDROSE BULAN MARET

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN N (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	79	118	265	237	160	499	454	52
0.4-0.8	80	64	162	541	125	168	192	57
0.8-1.2	31	0	22	50	1	9	161	104
1.2-1.6	0	0	0	1	0	0	15	34
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	190	182	449	829	286	676	822	247
Total	3681							

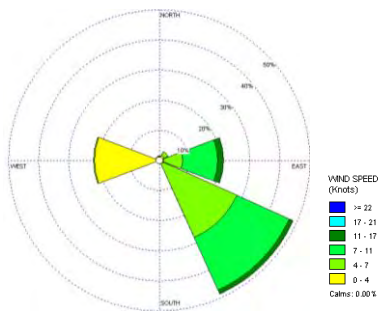
Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombangdalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	2.15	3.21	7.20	6.44	4.35	13.56	12.33	1.41	50.64
0.4-0.8	2.17	1.74	4.40	14.70	3.40	4.56	5.22	1.55	37.73
0.8-1.2	0.84	0.00	0.60	1.36	0.03	0.24	4.37	2.83	10.27
1.2-1.6	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.41	0.92	1.36
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							Total		100.00

WINDROSE BULAN APRIL

WINDROSE BULAN MEI

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATA N (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	22	70	60	60	15	36	800	21
0.4-0.8	29	53	231	984	18	4	9	36
0.8-1.2	9	0	428	707	4	0	0	0
1.2-1.6	0	0	69	50	0	0	0	0
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	60	123	788	1801	37	40	809	57
Total	3715							

Tabel persentase kejadian angin

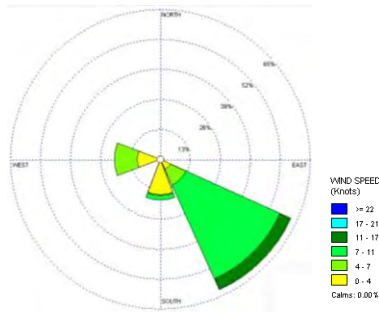
Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.59	1.88	1.62	1.62	0.40	0.97	21.53	0.57	29.18
0.4-0.8	0.78	1.43	6.22	26.49	0.48	0.11	0.24	0.97	36.72
0.8-1.2	0.24	0.00	11.52	19.03	0.11	0.00	0.00	0.00	30.90
1.2-1.6	0.00	0.00	1.86	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							Total		100.00

Persentase Kejadian Gelombanglamb %									
Tinggi Gelombang	Arah							Jumlah	
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat		barat laut
0-0.4	0.00	0.00	0.00	20.55	0.00	0.00	20.38	0.00	40.93
0.4-0.8	0.00	0.00	0.77	2.11	0.55	0.00	0.00	0.00	3.42
0.8-1.2	0.00	0.00	3.89	36.49	0.52	0.00	0.00	0.00	40.90
1.2-1.6	0.00	0.00	0.55	14.08	0.11	0.00	0.00	0.00	14.74
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
								Total	100.00

WINDROSE BULAN AGUSTUS

WINDROSE BULAN SEPTEMBER

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

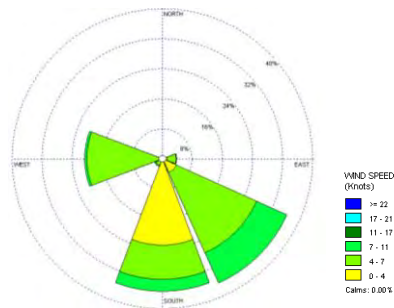
Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN N (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	0	0	0	174	548	0	360	0
0.4-0.8	0	0	5	265	23	0	360	0
0.8-1.2	0	0	6	1605	69	0	0	0
1.2-1.6	0	0	0	185	0	0	0	0
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	0	0	11	2229	640	0	720	0
Total	3600							

Tabel persentase kejadian angin

[illegible]

WINDROSE BULAN NOVEMBER

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

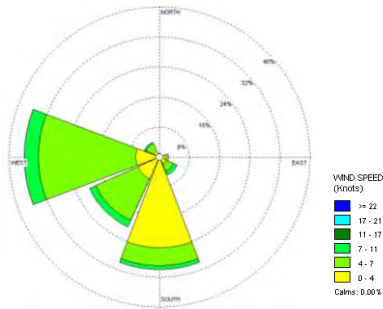
Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN N (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	1	14	53	149	831	37	4	7
0.4-0.8	0	1	80	843	330	36	722	4
0.8-1.2	3	0	9	320	115	12	24	23
1.2-1.6	0	0	0	0	0	0	0	1
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	4	15	142	1312	1276	85	750	35
Total	3619							

Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.03	0.39	1.46	4.12	22.96	1.02	0.11	0.19	30.28
0.4-0.8	0.00	0.03	2.21	23.29	9.12	0.99	19.95	0.11	55.71
0.8-1.2	0.08	0.00	0.25	8.84	3.18	0.33	0.66	0.64	13.98
1.2-1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							Total		100.00

WINDROSE BULAN DESEMBER

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010-2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

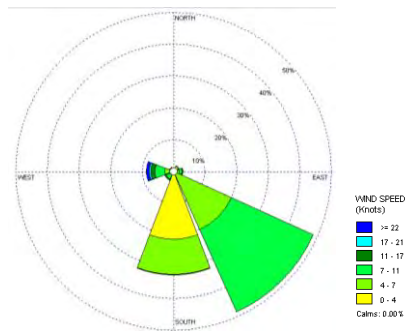
Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATA N (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	27	32	65	79	899	236	238	71
0.4-0.8	11	0	26	78	174	455	953	81
0.8-1.2	0	0	0	36	38	65	143	12
1.2-1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	38	32	91	193	1111	756	1334	164
Total	3719							

Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombangdalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.73	0.86	1.75	2.12	24.17	6.35	6.40	1.91	44.29
0.4-0.8	0.30	0.00	0.70	2.10	4.68	12.23	25.63	2.18	47.81
0.8-1.2	0.00	0.00	0.00	0.97	1.02	1.75	3.85	0.32	7.91
1.2-1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							Total		100.00

WINDROSE

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2010



Tabel banyaknya angin yang terjadi

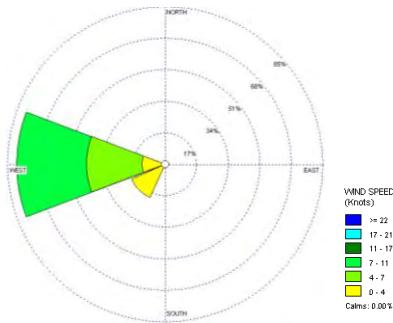
Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	19	41	50	27	1877	83	93	53
0.4-0.8	28	123	108	1729	963	50	158	43
0.8-1.2	18	12	81	2475	7	107	276	19
1.2-1.6	2	0	25	0	0	31	107	14
1.6-2	0	0	0	0	0	0	43	12
>=2	0	0	0	0	0	0	86	0
Jumlah	67	176	264	4231	2847	271	763	141
Total	8760							

Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.22	0.47	0.57	0.31	21.43	0.95	1.06	0.61	25.61
0.4-0.8	0.32	1.40	1.23	19.74	10.99	0.57	1.80	0.49	36.55
0.8-1.2	0.21	0.14	0.92	28.25	0.08	1.22	3.15	0.22	34.19
1.2-1.6	0.02	0.00	0.29	0.00	0.00	0.35	1.22	0.16	2.04
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.14	0.63
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.98
							Total		100.00

WINDROSE

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2011



Tabel banyaknya angin yang terjadi

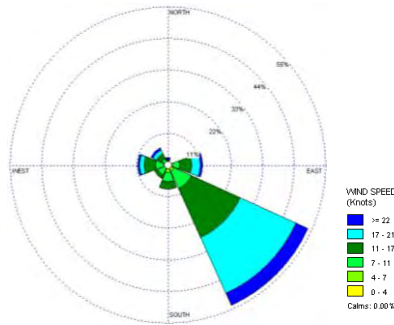
KECEPATAN (knot)	Banyaknya Angin yang Terjadi							
	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	0	0	0	0	49	1734	1092	0
0.4-0.8	0	0	0	0	0	0	2622	0
0.8-1.2	0	0	0	0	0	0	3263	0
1.2-1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6-2	0	0	0	0	0	0	0	0
>=2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	0	0	0	0	49	1734	6977	0
Total	8760							

Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	19.79	12.47	0.00	32.82
0.4-0.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.93	0.00	29.93
0.8-1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.25	0.00	37.25
1.2-1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.6-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							Total		100.00

WINDROSE

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2012



Tabel banyaknya angin yang terjadi

Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	28	45	66	43	56	41	45	50
0.4-0.8	38	34	99	175	175	98	95	71
0.8-1.2	59	14	195	571	284	214	246	91
1.2-1.6	47	8	370	1643	218	118	351	181
1.6-2	21	0	259	1865	16	0	131	122
>=2	35	0	72	398	0	0	62	63
Jumlah	228	101	1061	4695	749	461	930	578
Total	8803							

Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.32	0.51	0.75	0.49	0.64	0.47	0.51	0.57	4.25
0.4-0.8	0.43	0.39	1.12	1.99	1.99	1.00	1.08	0.81	8.80
0.8-1.2	0.67	0.16	2.22	6.49	3.23	2.43	2.79	1.03	19.02
1.2-1.6	0.53	0.09	4.20	18.66	2.48	1.34	3.99	2.06	33.35
1.6-2	0.24	0.00	2.94	21.19	0.18	0.00	1.49	1.39	27.42
>=2	0.40	0.00	0.82	4.52	0.00	0.00	0.70	0.72	7.16
								Total	100.00

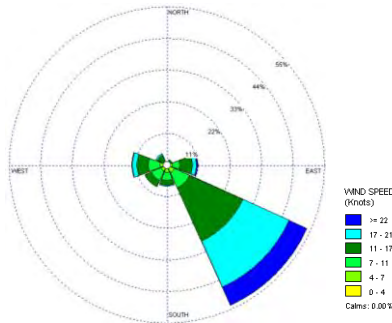


Tabel persentase kejadian angin

Persentase Kejadian Gelombang dalam %									
Tinggi Gelombang	Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.39	0.75	0.86	1.19	0.72	0.70	0.56	0.35	5.51
0.4-0.8	0.72	1.03	1.52	2.69	1.35	1.64	1.53	0.50	10.98
0.8-1.2	0.89	1.03	2.59	6.79	4.28	4.29	2.42	1.36	23.65
1.2-1.6	0.38	0.41	3.77	14.81	4.62	2.64	5.97	2.88	35.47
1.6-2	0.02	0.00	1.08	15.19	0.15	0.06	1.77	0.26	18.54
>=2	0.00	0.00	0.06	4.63	0.00	0.00	0.87	0.29	5.84
							Total		100.00

WINDROSE

DATA ANGIN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUN 2014



Tabel banyaknya angin yang terjadi

Banyaknya Angin yang Terjadi								
KECEPATAN (knot)	ARAH ANGIN							
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut
0-0.4	37	51	49	62	46	57	67	22
0.4-0.8	39	28	114	195	172	149	147	45
0.8-1.2	5	63	223	491	241	313	336	85
1.2-1.6	11	31	366	1719	142	199	344	175
1.6-2	0	0	120	1486	29	1	140	53
>=2	0	0	37	586	4	0	11	0
Jumlah	92	173	909	4539	634	719	1045	380
Total	8491							

Tabel persentase kejadian angin

Tinggi Gelombang	Persentase Kejadian Gelombang dalam % Arah								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
0-0.4	0.44	0.60	0.58	0.73	0.54	0.67	0.79	0.26	4.60
0.4-0.8	0.46	0.33	1.34	2.30	2.03	1.75	1.73	0.53	10.47
0.8-1.2	0.06	0.74	2.63	5.78	2.84	3.69	3.96	1.00	20.69
1.2-1.6	0.13	0.37	4.31	20.24	1.67	2.34	4.05	2.06	35.18
1.6-2	0.00	0.00	1.41	17.50	0.34	0.01	1.65	0.62	21.54
>=2	0.00	0.00	0.44	6.90	0.05	0.00	0.13	0.00	7.51
							Total		100.00

Data Gelombang

Tahun	Bulan	Arah	WindSpd		UA	Fetch	gt/Ua	tc	t	Ket	Fmin	Hm	Tm
			(knot)	(m/dt)	(m/dt)	(km)		(jam)	(jam)		(km)	(m)	(dt)
2010	Jan	barat	16.06	8.25	9.52	54.6	22477.6	6.06	3.5	DurationLimited	24.06	1.14	7.90
	Feb	barat	6.27	3.22	2.99	54.6	105112.3	8.91	3.5	FD	13.49	0.18	3.41
	Mar	timur	7.45	3.83	3.70	99.82	118445.7	12.42	3.5	FD	15.00	0.34	4.48
	Apr	tenggara	4.91	2.52	2.22	145.6	301840.7	18.95	3.5	FD	11.61	0.12	4.28
	Mei	tenggara	4.45	2.29	1.96	145.6	354683.5	19.73	3.5	FD	10.93	0.10	4.11
	Jun	tenggara	3.98	2.05	1.71	145.6	425934.8	20.65	3.5	FD	10.20	0.07	3.93
	Jul	tenggara	3.54	1.82	1.48	145.6	516162.0	21.67	3.5	FD	9.49	0.05	3.74
	Agu	tenggara	3.09	1.59	1.25	145.6	645088.8	22.91	3.5	FD	8.73	0.04	3.54
	Sep	tenggara	2.65	1.36	1.04	145.6	829904.6	24.40	3.5	FD	7.94	0.03	3.32
	Okt	selatan	2.26	1.16	0.85	131.67	1007620.9	24.36	3.5	FD	7.20	0.02	3.01
	Nov	selatan	1.88	0.97	0.68	131.67	1362749.9	26.27	3.5	FD	6.43	0.01	2.79
	Des	selatan	1.59	0.82	0.55	131.67	1793674.9	28.13	3.5	FD	5.80	0.01	2.61
2011	Jan	selatan	1.4	0.71	0.47	131.67	2236097.56	29.72832	3.5	FD	5.342	0.01	2.47
	Feb	barat daya	1.5	0.75	0.50	124.14	1983564.26	28.01378	3.5	FD	5.506	0.01	2.47
	Mar	barat	1.72	0.88	0.61	54.6	876810.157	15.14876	3.5	FD	6.090	0.01	2.01
	Apr	barat	2.1	1.05	0.76	54.6	657500.205	14.09693	3.5	FD	6.784	0.01	2.16
	Mei	barat	2.44	1.25	0.94	54.6	494143.298	13.12544	3.5	FD	7.551	0.02	2.32
	Jun	barat	2.9	1.46	1.14	54.6	383024.588	12.31565	3.5	FD	8.308	0.03	2.47
	Jul	barat	3.29	1.69	1.35	54.6	302671.098	11.61164	3.5	FD	9.075	0.05	2.62
	Agu	barat	3.75	1.93	1.59	54.6	244208.595	11.00502	3.5	FD	9.836	0.06	2.76
	Sep	barat	4.2	2.16	1.83	54.6	202788.531	10.50537	3.5	FD	10.546	0.08	2.89
	Okt	barat	4.66	2.40	2.08	54.6	171009.139	10.06713	3.5	FD	11.242	0.11	3.02
	Nov	barat	5.1	2.64	2.35	54.6	145610.506	9.670498	3.5	DurationLimited	11.940	0.14	3.14
	Des	barat	5.6	2.88	2.61	54.6	126515.536	9.336554	3.5	FD	12.587	0.17	3.26

Tahun	Bulan	Arah	WindSpd		UA	Fetch	gt/Ua	tc	t	Ket	Fmin	Hm	Tm
			(knot)	(m/dt)	(m/dt)	(km)		(jam)	(jam)		(km)	(m)	(dt)
2012	Jan	barat	14.81	7.61	8.62	54.6	25672.1315	6.266371	3.5	DurationLimited	22.891	1.03	7.15
	Feb	barat	8.41	4.32	4.30	54.6	64939.1787	7.902734	3.5	DurationLimited	16.163	0.51	3.57
	Mar	barat	12.55	6.45	7.03	54.6	33681.8948	6.706559	3.5	DurationLimited	20.675	0.84	5.84
	Apr	timur	12.36	6.35	6.90	99.82	51635.1229	10.09019	3.5	DurationLimited	20.482	1.11	5.73
	Mei	tenggara	13.02	6.69	7.36	145.6	60980.2732	12.70376	3.5	DurationLimited	21.148	1.44	6.11
	Jun	tenggara	12.27	6.31	6.84	145.6	67211.9192	13.01657	3.5	DurationLimited	20.390	1.33	5.68
	Jul	tenggara	13.04	6.70	7.37	145.6	60826.9625	12.69577	3.5	DurationLimited	21.168	1.44	6.12
	Agu	tenggara	12.41	6.38	6.94	145.6	65972.9126	12.95616	3.5	DurationLimited	20.533	1.35	5.76
	Sep	tenggara	11.92	6.13	6.60	145.6	70478.7708	13.17194	3.5	DurationLimited	20.030	1.29	5.48
	Okt	tenggara	11.78	6.05	6.51	145.6	71857.6654	13.23589	3.5	FD	19.885	1.05	6.13
	Nov	selatan	9.24	4.75	4.83	131.67	100076.703	13.67354	3.5	FD	17.126	0.58	5.36
	Des	barat	8.22	4.23	4.18	54.6	67419.0214	7.977122	3.5	DurationLimited	15.938	0.50	3.47
2013	Jan	barat	16.77	8.62	10.04	54.6	20938.1353	5.955046	3.5	DurationLimited	24.709	1.20	8.34
	Feb	barat	11.08	5.70	6.03	54.6	41316.8323	7.058012	3.5	DurationLimited	19.150	0.72	5.01
	Mar	barat	8.6	4.42	4.42	54.6	62602.9451	7.830677	3.5	DurationLimited	16.387	0.53	3.67
	Apr	tenggara	10.47	5.38	5.63	145.6	87184.4078	13.89136	3.5	FD	18.495	0.79	5.84
	Mei	timur	10.92	5.61	5.93	99.82	63266.0004	10.61587	3.5	DurationLimited	18.979	0.96	4.92
	Jun	tenggara	10.08	5.18	5.37	145.6	92784.6443	14.10925	3.5	FD	18.068	0.72	5.75
	Jul	tenggara	13.3	6.84	7.55	145.6	58889.069	12.59342	3.5	DurationLimited	21.426	1.47	6.27
	Agu	tenggara	13.18	6.77	7.47	145.6	59770.9429	12.6403	3.5	DurationLimited	21.307	1.46	6.20
	Sep	tenggara	12.41	6.38	6.94	145.6	65972.9126	12.95616	3.5	DurationLimited	20.533	1.35	5.76
	Okt	tenggara	11.68	6.00	6.44	145.6	72869.3872	13.28224	3.5	FD	19.781	1.03	6.10
	Nov	barat	10.35	5.32	5.55	54.6	46202.9868	7.25802	3.5	DurationLimited	18.364	0.66	4.60
	Des	barat	9.44	4.85	4.95	54.6	53730.1625	7.537116	3.5	DurationLimited	17.353	0.59	4.11

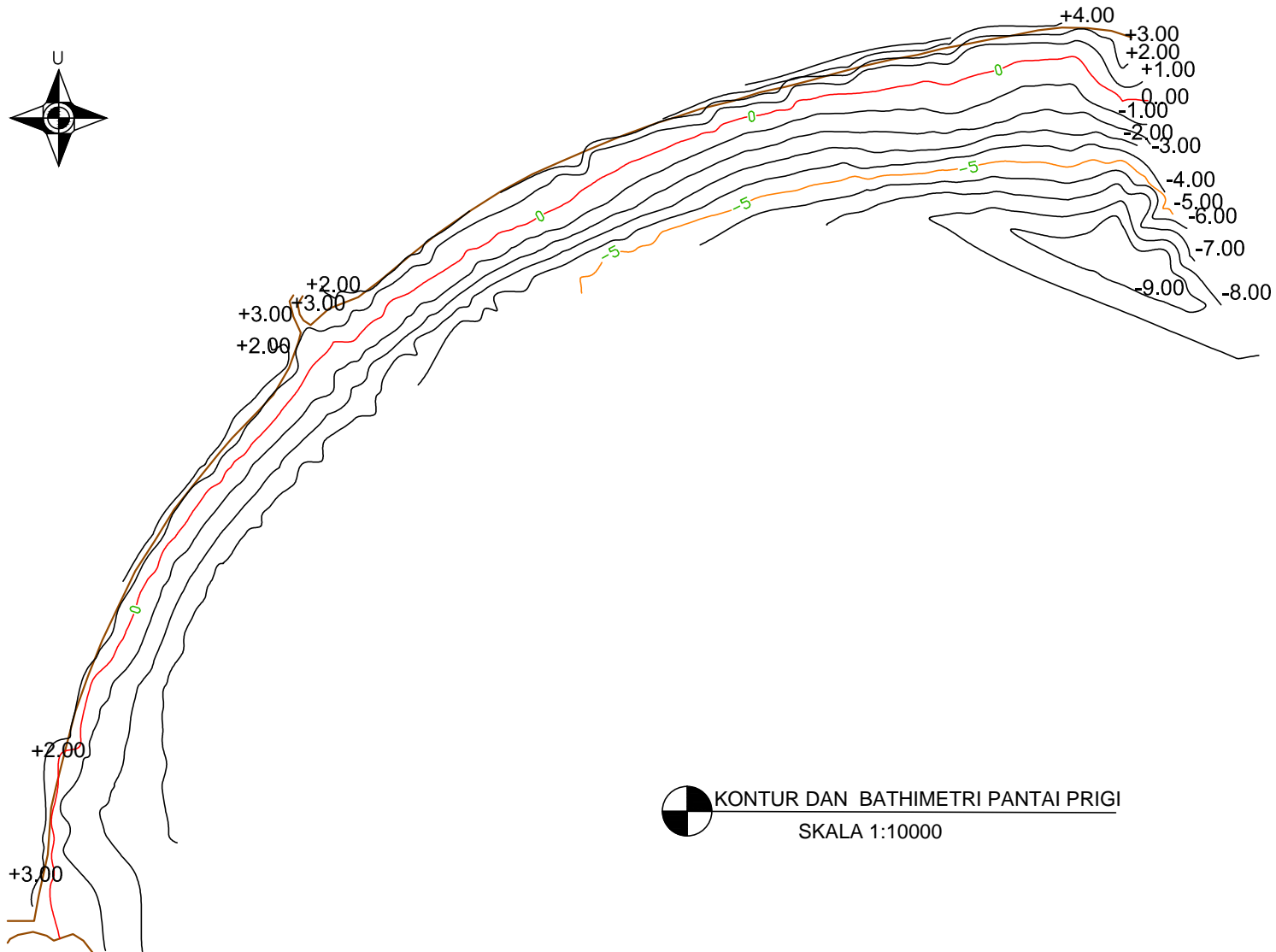
Tahun	Bulan	Arah	WindSpd		UA (m/dt)	Fetch (km)	gt/Ua	tc	t	Ket	Fmin	Hm	Tm
			(knot)	(m/dt)				(jam)	(jam)		(km)	(m)	(dt)
2014	Jan	barat	11.08	5.70	6.03	54.6	41316.8323	7.058012	3.5	DurationLimited	19.150	0.72	5.01
	Feb	barat	12.37	6.36	6.91	54.6	34489.4221	6.746401	3.5	DurationLimited	20.492	0.83	5.73
	Mar	tenggara	11.63	5.98	6.40	145.6	73383.8761	13.30562	3.5	FD	19.729	1.02	6.09
	Apr	tenggara	7.59	3.90	3.79	145.6	147759.314	15.8498	3.5	FD	15.175	0.36	5.12
	Mei	tenggara	10.63	5.46	5.73	145.6	85042.6581	13.80525	3.5	FD	18.668	0.82	5.87
	Jun	tenggara	13.24	6.81	7.51	145.6	59327.3683	12.61679	3.5	DurationLimited	21.367	1.46	6.23
	Jul	tenggara	13.7	7.04	7.83	145.6	56095.71	12.44135	3.5	DurationLimited	21.820	1.53	6.50
	Agu	tenggara	14.85	7.63	8.65	145.6	49149.6009	12.03691	3.5	DurationLimited	22.929	1.69	7.18
	Sep	tenggara	12.82	6.59	7.22	145.6	62548.2291	12.78465	3.5	DurationLimited	20.947	1.41	5.99
	Okt	tenggara	11.4	5.86	6.25	145.6	75827.6197	13.41504	3.5	FD	19.488	0.97	6.04
	Nov	selatan	9.94	5.11	5.28	131.67	88781.2693	13.27022	3.5	FD	17.913	0.69	5.53
	Des	barat	9.56	4.91	5.03	54.6	52628.5351	7.498182	3.5	DurationLimited	17.4887	0.60	4.18

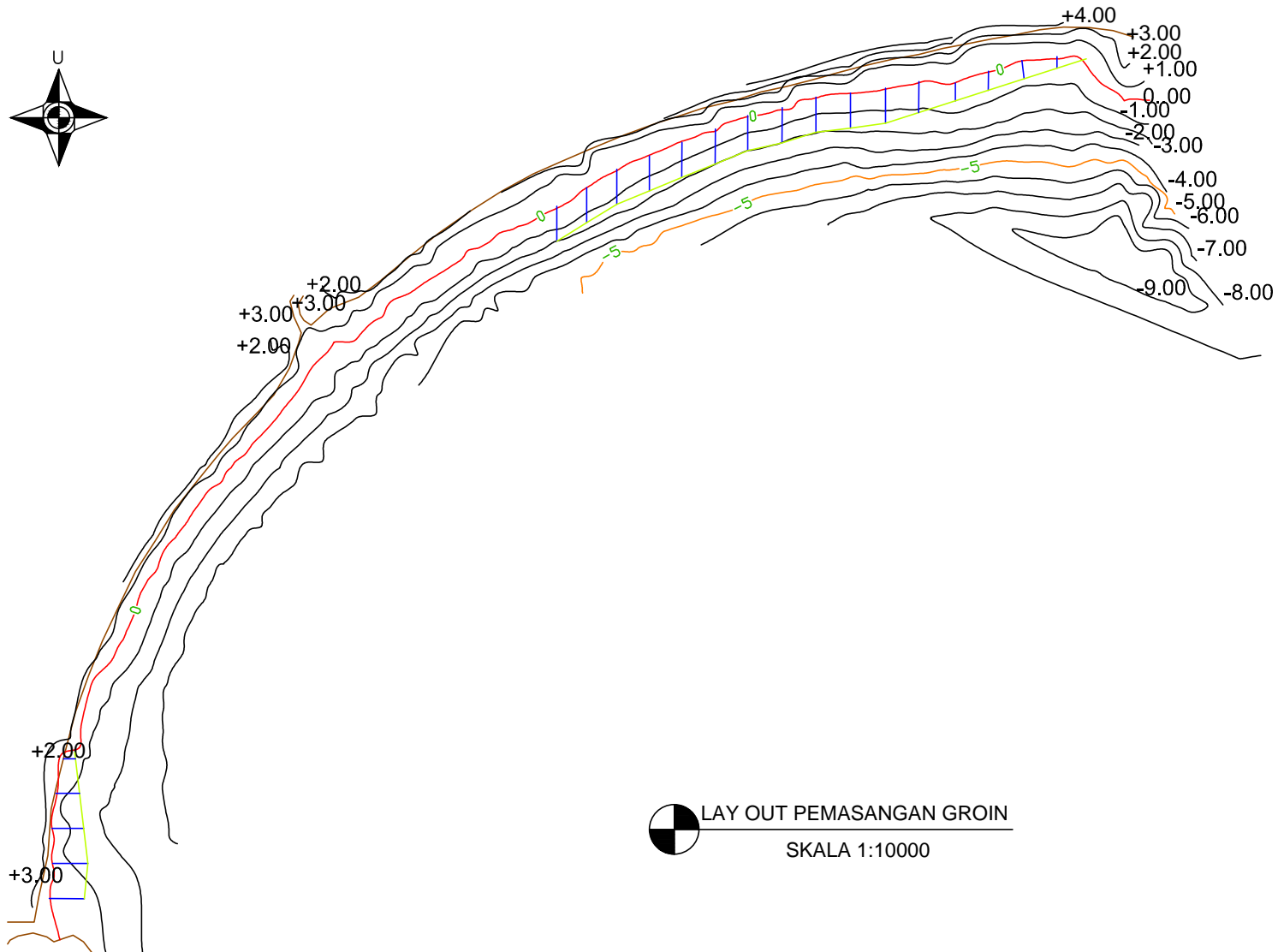
DATA PASANG SURUT PERAIRAN PRIGI (dalam Meter)

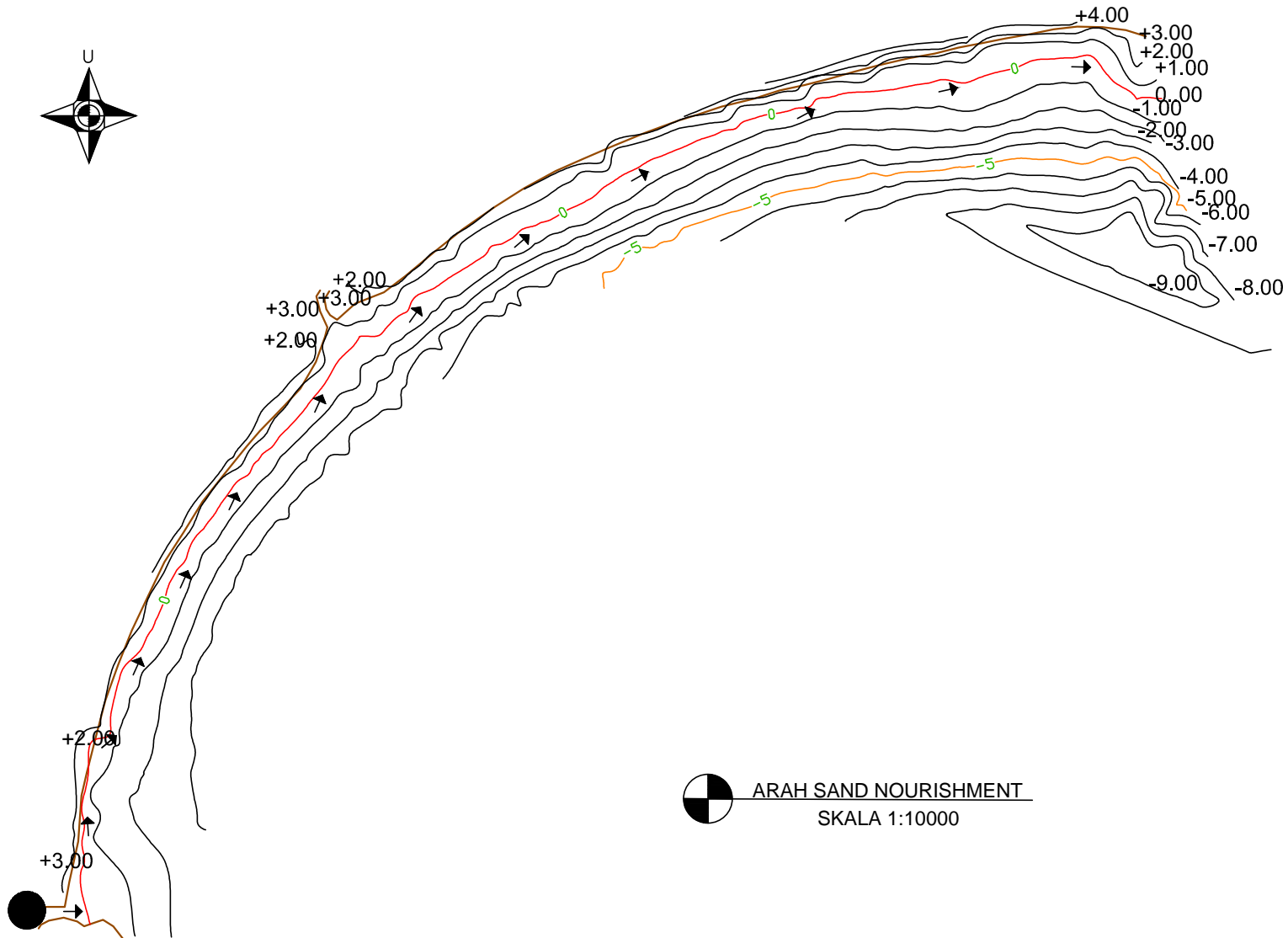
No	Tgl/Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	01-Sep-15	2.9	2.6	2.3	2.2	2.3	2.6	2.9	3.4	3.6	3.7	3.7	3.4	3	2.6	2.2	1.9	1.9	2.1	2.5	2.9	3.3	3.5	3.5	3.4
2	02-Sep-15	3.1	2.7	2.4	2.2	2.2	2.4	2.7	3.1	3.5	3.8	3.8	3.6	3.2	2.8	2.4	2.1	1.9	2	2.3	2.7	3.1	3.5	3.6	3.5
3	03-Sep-15	3.3	2.9	2.5	2.2	2.1	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6	3.7	3.7	3.4	3	2.5	2.1	1.9	1.9	2.1	2.5	3	3.4	3.6	3.6
4	04-Sep-15	3.4	3	2.6	2.3	2.1	2	2.2	2.6	3	3.4	3.6	3.6	3.4	3.1	2.6	2.3	2	1.9	2	2.4	2.8	3.3	3.5	3.6
5	05-Sep-15	3.5	3.2	2.8	2.5	2.2	2.1	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.6	3.5	3.2	2.8	2.5	2.1	2	2	2.3	2.7	3.1	3.4	3.6
6	06-Sep-15	3.6	3.4	3	2.6	2.4	2.1	2.1	2.3	2.6	3	3.3	3.5	3.5	3.3	3	2.6	2.3	2.1	2.1	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6
7	07-Sep-15	3.6	3.5	3.2	2.9	2.5	2.3	2.2	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.4	3.3	3.1	2.8	2.5	2.3	2.3	2.3	2.5	2.8	3.2	3.4
8	08-Sep-15	3.6	3.6	3.4	3.1	2.7	2.5	2.3	2.3	2.4	2.6	2.9	3.1	3.2	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.4	2.5	2.8	3	3.3
9	09-Sep-15	3.5	3.6	3.5	3.2	3	2.7	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.9	3.1	3.1	3.1	3	2.8	2.7	2.5	2.5	2.5	2.7	2.9	3.1
10	10-Sep-15	3.3	3.4	3.4	3.3	3.2	3	2.8	2.6	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9
11	11-Sep-15	3.1	3.2	3.3	3.4	3.3	3.2	3	2.9	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.9
12	12-Sep-15	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.3	3.2	3	2.8	2.6	2.5	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3	2.9	2.8	2.8
13	13-Sep-15	2.7	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.5	3.5	3.3	3.1	2.8	2.6	2.4	2.3	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.2	3.1	3	2.8
14	14-Sep-15	2.7	2.6	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	3.7	3.7	3.4	3.1	2.8	2.4	2.2	2.1	2.2	2.4	2.8	3	3.3	3.4	3.3	3.2	2.9
15	15-Sep-15	2.6	2.6	2.3	2.4	2.7	3.1	3.5	3.7	3.8	3.7	3.4	3	2.6	2.2	2	2	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6	3.6	3.5	3.2

Konstanta Pasang surut Pantai Prigi

No	Constituents	Symbol	Description	Period (hour)	ω (rad/hour)	A	B	g° phase	H=Amplitude (m)
0.	Average water level	Z_0		-	-				2.8678
1.	Main lunar constituent	M_2	semi diurnal	12.4206	0.50587	-0.0329	0.5988	93.1494°	0.5997
2.	Main solar constituent	S_2		12.0000	0.52360	0.2800	0.0927	18.3078°	0.2950
3.	Lunar constituent, due to Earth-Moon distance	N_2		12.6582	0.49637	0.1041	-0.0371	340.3765°	0.1106
4.	Soli-lunar constituent, due to the change of declination	K_2		11.9673	0.52503	0.0447	-0.0033	355.7817°	0.0449
5.	Soli-lunar constituent	K_1	diurnal	23.9346	0.26251	-0.0504	-0.1554	252.0275°	0.1634
6.	Main lunar constituent	O_1		25.8194	0.24335	-0.0586	-0.0814	234.2532°	0.1003
7.	Main solar constituent	P_1		24.0658	0.26108	0.0888	0.0406	24.5842°	0.0976
8.	Main lunar constituent	M_4	quarterly	6.2103	1.01174	-0.0016	-0.0079	258.3947°	0.0081
9.	Soli-lunar constituent	MS_4		6.1033	1.02947	-0.0041	-0.0004	185.5263°	0.0041







ARAH SAND NOURISHMENT
SKALA 1:10000



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MORFOLOGI GARIS PANTAI KAWASAN
WISATA PRIGI, TRENGGALEK

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bambang Sarwono, M. Sc.
Cahaya Buana, ST., MT.

NAMA/NRP

PUTIT TRI BUNAI
3112 100 060

HALAMAN

128



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Blitar pada tanggal 22 Agustus 1993, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Krisik 02 Gandusari, Blitar, SMPN 1 Gandusari Blitar, dan SMAN 1 Talun, Blitar. Setelah lulus dari SMAN 1 Talun tahun 2011, penulis mengikuti program SNMPTN dan diterima di Jurusan

Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100060. Di Jurusan Teknik Sipil ini, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Hidrologi. Penulis sempat aktif sebagai pengurus di HMS FTSP ITS pada periode 2013 – 2014 dan berbagai kegiatan yang diselenggarakan oleh jurusan, fakultas, institut dan kota. Penulis dapat dihubungi melalui *email* tribunaiputit@gmail.com